

COUNTWAY LIBRARY



HC 4QKH A

28.086.

28. F. 5.

Library of
Thomas B. Curtis, M.D.
bequeathed to the
Boston Medical Library
Association.

1881.

$\frac{1}{2}$ Red mor C

DES
MILIEUX RÉFRINGENTS
DE L'ŒIL



FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

CONCOURS POUR L'AGRÉGATION

(SECTION D'ANATOMIE.)

DES

MILIEUX RÉFRINGENTS
DE L'OEIL

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

THÈSE

Présentée et soutenue

PAR

J.-F.-B. POLAILLON

DOCTEUR EN MÉDECINE,

Ancien interne des hôpitaux de Lyon et de Paris,

Aide d'anatomie à la Faculté de Paris.

PARIS

P. ASSELIN, SUCCESSEUR DE BECHET J^{ne} ET LABÉ

LIBRAIRE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,

place de l'École-de-Médecine

1866

DES

MILIEUX RÉFRINGENTS

DE L'OEIL



Dans l'organe de la vision, les *milieux réfringents* sont destinés à perfectionner l'impression lumineuse. Ils font converger sur la membrane impressionnable tous les rayons qui pénètrent dans l'œil, et produisent sur elle une image des objets extérieurs, de la même manière que la lentille d'une chambre obscure sur son écran. Les êtres dont les yeux, privés d'un appareil réfringent, sont réduits à une rétine nue placée en face des corps lumineux, ne voient rien de déterminé ; ils sont seulement capables de sentir la clarté du jour et de la distinguer des ténèbres.

Nous n'aborderons point les théories qui cherchent à expliquer comment nous avons la notion de la forme et des couleurs au moyen d'images peintes au fond de l'œil ; une pareille étude n'est pas de

notre sujet et appartiendrait à la physiologie des organes qui transmettent l'impression et de ceux qui la perçoivent.

Nous n'avons à exposer que le premier élément de la sensation visuelle, l'*impression* de la lumière sur la rétine, les *conditions qui rendent cette impression nette*, ou celles qui *la troublent*.

Cette tâche est d'ailleurs devenue longue et difficile depuis les derniers travaux qui ont été publiés sur les milieux réfringents de l'œil.

Mais, avant d'arriver à la partie physiologique de ce travail, nous aurons à faire connaître l'anatomie des milieux que la lumière traverse. Dans cette première partie, nous avons condensé le plus possible les descriptions, en nous proposant surtout pour but l'étude de la texture.

PREMIÈRE PARTIE

Anatomie des milieux réfringents de l'œil.

Les milieux réfringents sont, d'avant en arrière, la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et sa capsule, l'humeur vitrée contenue dans la membrane hyaloïde.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA CORNÉE.

1^o *Caractères physiques.*

La *cornée* est cette membrane transparente qui proémine sur la face antérieure du globe de l'œil. A un premier examen, elle paraît être un segment de sphère surajouté à une sphère d'un diamètre plus grand, qui serait la sclérotique. Elle est dirigée vers le monde extérieur, et à son pourtour elle semble se confondre avec la sclérotique.

Sa *forme* est celle d'un segment d'ellipsoïde.

Ses *dimensions* sont de 11 à 12 millimètres pour le grand axe et de 10 millimètres environ pour le petit.

L'*épaisseur* de ce segment, mesurée avec beaucoup de soin par M. Sappey, (1) est de 0,7 à 0,9 de millimètre. Cette épaisseur est égale dans tous ses points chez l'enfant, mais chez l'adulte et le vieillard, elle est moindre au centre. Exceptionnellement, cet anatomiste l'a trouvée de 0^{mm},6 à 1^{mm},1.

La *consistance* de la cornée est ferme, presque égale à celle d'une lamelle cartilagineuse, et, comme le fait remarquer M. Richet (2), elle ne se laisse traverser que par un instrument très-acéré, dont la pointe risque de s'y casser et d'y rester engagée.

Son tissu est complètement inextensible, et si cette inextensibilité vient à être vaincue, la cornée a subi une altération dans sa texture, altération qui l'a rendue opaque.

Le *poids* de la cornée a été trouvé de 0^{gr},085.

Sa transparence semble parfaite à l'état normal; mais quand on l'éclaire vivement avec la lumière d'une loupe, on y aperçoit un petit reflet blanchâtre, dû, d'après Helmholtz, à la réflexion de la lumière par les éléments figurés qui entrent dans sa texture.

Son *indice de réfraction*, déterminé par Chossat, est égal à 1,330.

D'après M. J. Régnault (3), chez l'homme et les mammifères, la cornée jouit d'un certain degré de *fluorescence*. Cette propriété est bien plus prononcée, comme nous le verrons, dans le cristallin.

(1) *Traité d'anatomie descriptive*, t. II, p. 635.

(2) *Anatomie médico-chirurgicale*, 1857, p. 316.

(3) *Gazette médicale*, 1859, p. 37.

Nous serons bref sur ce qui concerne l'anatomie descriptive de la cornée, à laquelle on considère deux faces et une circonférence.

La *face antérieure*, convexe, est en contact avec l'air ambiant, ou avec la face postérieure des paupières pendant le clignement et le sommeil. Elle présente une forme elliptique ou ovale à grand diamètre transversal et imparfaitement symétrique. La sclérotique et la conjonctive empiètent plus sur la partie supérieure de cette face que sur l'inférieure, et surtout que sur ses parties latérales.

La *face postérieure* concave regarde vers le centre de l'œil et est baignée par l'humeur aqueuse. La sclérotique n'empiétant pas sur elle d'une façon inégale comme sur la face antérieure, son pourtour est circulaire.

La *circonférence* de la cornée est taillée obliquement aux dépens de la face antérieure, de sorte que sa lèvre postérieure représente un cercle et sa lèvre antérieure une ellipse. La distance de ces deux lèvres est en haut de 2 mill., en bas de 1 mill., sur les parties latérales de 1/2 mill. seulement (1). Elle répond au canal de Schlemm creusé dans l'épaisseur de la sclérotique au point de jonction des deux membranes, et c'est là un rapport important en médecine opératoire.

2° *Caractères chimiques.*

Lorsqu'on soumet la cornée à une coction de vingt ou trente heures en vase clos, elle se dissout en laissant un léger résidu. La solution ainsi obtenue est un peu opaline, inodore, insipide, et donne la réaction des liqueurs alcalines très-faibles; concentrée, elle se prend en gelée;

(1) Sappey, *loc. cit.*, p. 636.

si on la dessèche, on obtient une mince lamelle jaune clair et transparente.

J. Müller rangeait la cornée dans les tissus donnant de la chondrine par la coction; pour M. His (1), le produit de cette coction différerait un peu de la chondrine.

L'alcool précipite la dissolution de cornée, et en ajoutant de l'eau, le précipité se redissout. Les acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, lorsqu'on les ajoute avec précaution à la décoction, donnent lieu à un précipité blanc soluble dans un très-léger excès du réactif.

Si on soumet une cornée entière à l'action de l'acide acétique, elle devient d'abord blanche et opaque, puis se gonfle et redevient transparente en prenant un aspect gélatineux; mais elle ne se dissout pas, même après un très-long contact avec l'acide acétique. Les acides minéraux très-dilués ont une action analogue; mais la cornée se dissout en peu d'instants lorsqu'on la plonge ensuite dans l'eau bouillante.

Dans les acides minéraux concentrés, les cornées se gonflent immédiatement et deviennent opaques; mais bientôt leur transparence revient; puis elles passent à l'état gélatineux, en prenant avec l'acide sulfurique une couleur violette, avec l'acide nitrique une couleur jaune. Au bout de quelques heures une portion de la cornée se dissout en laissant un résidu soluble dans l'acide acétique.

M. His n'a pas trouvé de substances grasses dans la membrane cornéenne.

Les substances minérales y sont à peu près dans les mêmes proportions que dans le sang et en moindre proportion que dans le cartilage. — Du fer y existe en petite quantité (His).

(1) His, *Mémoire sur la structure de la cornée*.

Les cendres sont alcalines et font effervescence avec les acides.

Voici l'analyse que donne M. His (1) :

Pour 1000 parties de cornée fraîche, il y a :

759 parties d'eau ,

241 parties solides. .	{	204 de substance gélatigène,
		28 de substance cellulaire et de
		membrane de Descemet,
		8 de sels solubles dans l'eau,
		1 de sels insolubles.

3° Caractères d'ordre organique. — Texture.

Trois couches se superposent pour former la cornée : une *couche superficielle* continue à la conjonctive ; une *couche moyenne* continue à la sclérotique ; une *couche profonde* ou *membrane de Descemet*.

A. *Couche moyenne.*

La couche moyenne est formée par un tissu spécial que M. Ch. Robin (2) appelle le *tissu cornéen*.

Elle est beaucoup plus épaisse que les deux autres et constitue presque toute la masse de la cornée.

Depuis longtemps, on a reconnu que lorsqu'on cherche à la disséquer, le scalpel peut la diviser en lames et lamelles. Prenant ainsi un accident de préparation pour la réalité, on en avait conclu que la cornée était composée d'un certain nombre de lamelles superposées, étroitement liées entre elles par un tissu conjonctif, et pénétrées d'un liquide qui la rendait transparente. Rufus d'Ephèse

(1) *Loc. cit.*, p. 54.

(2) Programme du cours d'histologie, p. 190.

(97 apr. J.-C.) n'admettait que quatre lamelles. On les multiplia depuis Fabrice d'Aquapendente (1). pensait que leur nombre n'avait d'autre but que de remplacer celles qui s'usaient ou étaient lésées. Haller en trouvait d'autant plus que la dissection était plus délicate.

Privés d'instruments suffisamment grossissants, les anciens anatomistes pensèrent, les uns, que ces lamelles étaient formées par des fibres, parce qu'ils pouvaient les déchirer en filaments; les autres, par des nerfs et des vaisseaux lymphatiques (opinion de Jannin, 1788).

Notre siècle vit naître plusieurs opinions sur le tissu cornéen : pour Valentin, Pappenheim, Krause, Köelliker, etc.; il est de nature essentiellement fibreuse; — pour Virchow, Donders, les fibres et les lamelles ne préexistent pas dans ce tissu : elles ne sont que le résultat du fendillement d'une substance homogène, par les cellules qui y sont nées. — Pour Henle, c'est une stratification de lamelles homogènes dont il porte le nombre à trois cents; l'aspect fibrillaire serait produit par le racornissement de ces lamelles dans les préparations. Mais où se trouvent, dans cette opinion, les cellules que nous allons trouver, en grand nombre, dans le tissu cornéen? — M. His admet que ces cellules ont précédé la substance homogène qui s'est interposée entre elles; que ces cellules restent toute la vie dans le tissu cornéen; et que la substance homogène se modifie moléculairement, de manière à présenter une cohésion plus grande dans certaines couches, ce qui permet de diviser le tissu en lamelles et celles-ci en fibres.

Nous pensons qu'une analyse microscopique approfondie du tissu cornéen peut concilier plusieurs points de ces

(1) *De Visione, voce et auditu*, 1600.

opinions diverses ; on y trouve : des *fibres*, des *cellules* ou *corps fibro-plastiques*, une *substance homogène amorphe*, des *noyaux embryo-plastiques*, des *cytoblastions*, des *éléments nerveux*.

1° *Fibres*.—Les fibres de 0^{mm},005 à 0^{mm},009 de diamètre sont formées par la réunion de *faisceaux de fibrilles lamineuses* que l'on distingue plus ou moins nettement quand on les dilacère ou quand on les traite par l'acide acétique. Ces faisceaux sont anastomosés les uns avec les autres de manière à former un réseau lâche. Ils sont aplatis en rubans et leurs faces sont parallèles à celles de la cornée.

Les faisceaux de la cornée sont en continuité immédiate avec ceux de la sclérotique. Les anciens anatomistes avaient parfaitement reconnu que la sclérotique et la cornée ne forment qu'une seule et même membrane (1), et Zinn disait : « Est autem cornea pars scleroticæ quidem continua, sed magis convexa et pellucida. »

Les travaux des anatomistes modernes ont mis ce fait hors de doute, et ne permettent plus de considérer la cornée comme un organe ajouté à la sclérotique pour compléter la coque de l'œil : il n'est plus possible d'admettre une séparation naturelle entre ces deux organes, et l'opinion qui les fait adhérer par deux bords dentelés et engrenés l'un dans l'autre, est radicalement fausse. Les faisceaux de fibres du tissu sclérotical se continuent sans démarcation aucune dans le tissu cornéen ; seulement ils y présentent un arrangement spécial. Dans la sclérotique, ils sont enchevêtrés en tous sens ; dans la cornée, ils sont disposés selon des plans parallèles aux deux faces. Dans la sclérotique, ils sont contigus les uns aux autres,

(1) Voy. Bauhin, *Theatrum anatomicum*. Basileæ, 1621, p. 372.

comme dans le tissu fibreux, sans interposition de matière amorphe ; dans la cornée, ils sont séparés par une matière amorphe sur laquelle nous allons insister. Dans des coupes verticales, on voit très-bien le tissu fibreux, compact et serré dans la sclérotique, tandis qu'il est lâche et moins caractérisé dans la cornée. La transition de l'un à l'autre est marquée par des amas de granulations qui rendent cette région plus obscure.

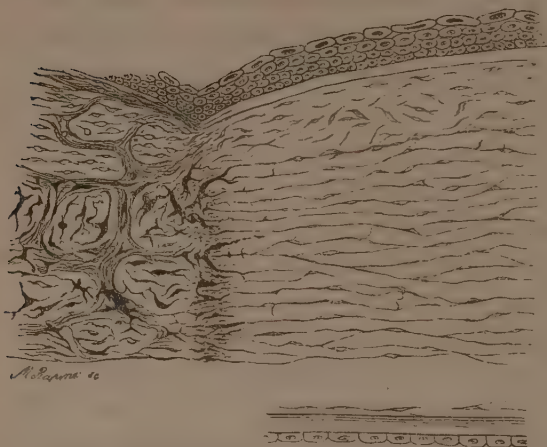


Fig. 1. — Coupe verticale de la cornée montrant les trois couches dont elle se compose, et son point d'union avec la sclérotique.

2° *Corps fibro-plastiques*. — Entre les faisceaux de la cornée, on trouve un grand nombre de cellules à noyau fusiformes ou étoilées, dont les prolongements s'anastomosent entre eux pour former des réseaux. Ces mêmes cellules, que M. Robin appelle *corps fibro-plastiques*, Virchow *corpuscules du tissu conjonctif*, Kœlliker *cellules plasmatiques*, se rencontrent aussi dans la sclérotique où elles sont plus rameuses, et en général dans tous les tissus où la fibre lamineuse existe à titre d'élément fon-

damental ou d'élément accessoire. Dans la cornée, elles sont rangées en couches entre les différents plans des faisceaux de fibres.

D'après de récentes observations, les corpuscules de la cornée présenteraient des mouvements et des contractions analogues à ceux des amibes. Recklinghausen (1), en examinant, dans l'humeur aqueuse, de fines tranches de la cornée d'un mammifère tel qu'un rat, un lapin ou un chien qu'on venait de tuer, a vu des corpuscules allongés en fuseau, tout à fait analogues aux corpuscules de la cornée, prendre une forme arrondie ou étoilée par des contractions de leur substance. De plus il a observé que ces corpuscules ont un mouvement de translation à la suite de leurs changements de forme : les prolongements en se raccourcissant entraînaient à leur suite la masse du corpuscule. M. Kühne (2), de son côté, dit avoir vu des phénomènes analogues, en examinant la cornée avec la chambre humide et dans l'humeur aqueuse : la substance qui entourait le noyau des cellules étoilées était spontanément mobile d'une manière très-lente, mais de façon à amener des changements de forme graduels, la cellule passant de l'aspect étoilé à l'aspect fusiforme. Les changements brusques de la température ou l'action d'un courant électrique interrompu, accéléraient ces mouvements. Tous les corpuscules de la cornée ne semblent pas mobiles en même temps. — Jusqu'à de nouvelles recherches, nous pensons qu'il n'y a pas lieu de considérer ces aspects divers comme produits par une contractilité propre de

(1) *Archives de Virchow*, t. XXVIII, p. 157; 1863.

(2) *Recherches sur la nature du protoplasma et la contractilité*; Leipzig, 1864.

la cellule fusiforme, mais qu'il faut les attribuer à des expansions sarcodiques (1).

Dans ce qu'on appelle la kératite, l'altération paraît porter spécialement sur les corps fibroplastiques : ils subissent une hypertrophie, en même temps que leur contenu se charge de granulations opaques de nature graisseuse. C'est à cette opacité du contenu que l'on doit la teinte blanchâtre de la cornée enflammée, car la substance amorphe reste entièrement exempte de lésions (2). Ces granulations peuvent, du reste, se résorber et la transparence être rendue à la cornée (3).

3° *Matière amorphe.* — Si j'ai passé rapidement sur l'histoire des deux éléments anatomiques précédents, c'est que j'ai supposé leur élémentologie connue. Ils se rencontrent dans une foule de tissus, et ne sont pas particuliers à celui de la cornée. Il n'en est plus de même de la troisième espèce d'éléments que l'investigation microscopique nous fait découvrir dans cette membrane, et que nous ne

(1) Consultez le mémoire de MM. Hayem et Hénocque sur les mouvements amiboïdes (*Archives gén. de méd.*, juillet 1866).

(2) C'est surtout dans les cornées d'animaux, rendues opaques par des cautérisations, que Recklinghausen a étudié les mouvements amiboïdes. Il cautérise avec le nitrate d'argent la cornée d'une grenouille ; le second jour, il existe un trouble diffus dans la partie cautérisée. Ces parties, examinées au microscope, présentent des leucocytes avec les mouvements sarcodiques connus depuis longtemps, et des corps fibro-plastiques avec des mouvements analogues. M. Recklinghausen dit qu'il aurait considéré ces deux espèces d'éléments mobiles comme des leucocytes, malgré leurs différences apparentes, s'il ne lui était arrivé de les voir aussi sur des cornées saines d'animaux vivants, où il n'y a pas de leucocytes. (*Loc. cit.*)

trouvons que dans ce point du corps humain : c'est la *substance amorphe* (*intercellular Substanz*) de His (1).

Elle forme, chez l'adulte, la plus grande partie de la masse de la cornée. — Elle remplit tous les intervalles qui existent entre les faisceaux de fibres et entre les réseaux de cellules fibro-plastiques, réunissant ainsi en un seul tous ces divers éléments.

Elle présente une consistance ferme et tenace, et adhère fortement soit aux fibres soit aux cellules. Il ne faut donc pas s'étonner que, lorsqu'on déchire une cornée, la déchirure se faisant plus facilement dans le sens des fibres qui sont rangées parallèlement à ses faces, les fibres restent agglutinées par cette matière et présentent un lambeau lamelleux.

Une des propriétés les plus remarquables de la matière amorphe est sa grande transparence. Aussi son interposition en grande quantité entre les éléments figurés du tissu cornéen lui donne-t-elle le pouvoir de laisser passer les rayons lumineux. Au contraire, cette matière transparente manque entre les faisceaux de la sclérotique ; de là l'opacité de cette membrane, dont les faisceaux serrés les uns contre les autres arrêtent et réfléchissent la lumière en blanc, comme la tunique albuginée, comme la dure-mère et d'autres membranes fibreuses. — Il arrive presque constamment que, dans la vieillesse, en même temps que la tunique moyenne des artères se remplit de dépôts dits athéromateux et calcaires, on voit apparaître, sur les limites de la cornée, des granulations graisseuses qui viennent infiltrer la substance amorphe ; il se forme alors à la circonférence de la cornée une zone plus ou moins opaque qui a reçu le nom d'*arc sénile*.

(1) Voy. His, *loc. cit.*, p. 12 ; Virchow, *Pathologie cellul.*, p. 255.



Fig. 2. — Coupe de l'arc sénile, montrant les granulations graisseuses qui se déposent dans les corps fibroplastiques et leurs prolongements.

Sous l'influence des acides minéraux concentrés, c'est la substance amorphe qui se dissout, tandis que les cellules et les fibres résistent seules à leur action.

La substance amorphe, dont le rôle dans le tissu cornéen est purement physique, ne paraît point être envahie primitivement par le processus morbide. Mais, lorsque la nutrition des cellules fibro-plastiques se trouve altérée, elle devient opaque, se ramollit ou s'atrophie, de manière à disparaître quelquefois complètement et à être remplacée par ces cellules ou par d'autres éléments, tels que des leucocytes, qui se sont développés par hétérotopie; telle est en un mot la pathogénie de certaines opacités, de certains ramollissements et des abcès de la cornée.

4° *Noyaux embryoplastiques.* — Comme dans tous les tissus où il y a des fibres lamineuses, on trouve dans le tissu cornéen, pendant toute la vie, quelques noyaux embryoplastiques libres, situés entre les faisceaux de fibres et les cellules fusiformes ou étoilées.

5° *Cytoblastions.* — On y trouve encore de rares cyto-blastions disséminés, qui n'offriraient qu'un intérêt médio-

cre, si certaines opacités de la cornée n'étaient dues, d'après M. Ch. Robin, à une multiplication considérable de cet élément anatomique, et si certaines tumeurs appelées *kératomes*, ou *cancers colloïdes de la cornée*, n'avaient pour éléments fondamentaux ces mêmes cytoblastions, unis à de la matière amorphe et à quelques myélopaxes (1).

6° *Nerfs*. — Les nerfs de la cornée, découverts par Schlemm, sont assez abondants. Ils proviennent des nerfs ciliaires et pénètrent dans la périphérie de la couche moyenne au nombre de 24 à 36 filets.

Ces nerfs ne sont formés par des tubes complets que dans une zone de 1 à 2 millimètres sur le pourtour de la cornée. A partir de ce point, ils se dépouillent de leur enveloppe de myéline, peut-être aussi de leur gaine de Schwann, réduits alors à leurs cylindres d'axe, pâles et transparents, il est fort difficile de les suivre jusqu'à leur terminaison. Il est certain qu'ils se ramifient deux ou trois fois avant de se terminer, et presque toujours il y a au niveau des divisions un renflement triangulaire, contenant un noyau plus ou moins distinct. Si on suit chacune des fibres qui partent de ce renflement, on voit qu'elle se termine librement en pointe d'après M. Robin, en s'anastomosant en réseau avec d'autres cylindres d'axe d'après Kœlliker; dans un renflement semblable à celui d'où elle était sortie d'après His. Dans cette dernière manière de voir, les fibres nerveuses formeraient un réseau fermé, dont les points de réunion ou de séparation des cylindres d'axe seraient occupés par un renflement, qui est très-probablement une

(1) Voy. *Description d'une espèce particulière de tumeur de la chambre antérieure*, par MM. Desmarres et Ch. Robin, dans les *Archives d'Ophthalmologie*, p. 7 (mars et avril 1855), et Programme du cours d'histologie, p. 491.

cellule ganglionnaire (1). — On ne peut pas confondre avec les prolongements des cellules fibro-plastiques ces fibres nerveuses qui s'en distinguent par leur éclat et leur direction rectiligne. — W. His a trouvé dans leur parcours des noyaux granulés, allongés en forme de bâtonnets ; ces noyaux sont plus nombreux chez les jeunes animaux. La présence de cette formation porterait à penser que ces noyaux appartiennent à la gaine de Schwann qui resterait autour des cylindres d'axe dans toute l'étendue du réseau nerveux (2).



Fig. 3. — Nerfs de la cornée (d'après His).

Les éléments nerveux n'existent que dans le tiers antérieur de la cornée, exceptionnellement dans le tiers moyen, jamais dans le tiers postérieur. Les fibres nerveuses les plus déliées sont tout à fait à la surface.

Il n'y a point de vaisseaux sanguins dans la couche moyenne, à aucune époque de la vie, dans aucun cas pathologique. M. Broca (3) a bien établi ce fait en 1853, et, depuis, aucun anatomiste n'a pu en démontrer.

Y a-t-il des vaisseaux lymphatiques ? — Cette question a

(1) His, *loc. cit.*, p. 60.

(2) Kühne prétend avoir vu les cylindres d'axe communiquer avec les prolongements des cellules étoilées.

(3) *Bulletins de la Société Anatomique*, décembre 1853.

été résolue par l'affirmative, il y a déjà longtemps, par Fohmann, Arnold, Breschet, etc. ; de nos jours, les opinions sont très-partagées.

En piquant la cornée avec un tube à injection très-effilé et en l'insufflant à l'exemple de Delle Chiaie, de Naples, Alexandre Quadri (1) prétend avoir injecté un réseau de tubes dans lequel il pouvait faire cheminer de petites bulles d'air. Il pense que ces tubes sont des *vaisseaux lymphatiques rudimentaires*. Mais, après avoir lu ce mémoire, on reste convaincu que M. Quadri a produit une infiltration artificielle d'air dans la cornée, ou qu'il a injecté d'air les espaces que la substance amorphe circonscrit autour des corps fibro-plastiques. En effet, il est clair que dans la cornée la substance amorphe et de consistance cartilagineuse est creusée de cavités pour contenir les cellules fibro-plastiques et leurs prolongements anastomosés ; si nous supposons par la pensée que ces cellules disparaissent, nous aurons un système de cavités et de canaux anastomosés en réseau comme les éléments qu'il contenait. C'est sans doute dans ces cavités que M. Quadri faisait pénétrer l'air par une pression plus ou moins forte. W. His avait observé qu'en touchant le bord d'une coupe de cornée avec une solution de nitrate d'argent, ou de teinture d'iode, la solution cheminait rapidement loin du point touché et se fixait sur les corps fibro-plastiques en les colorant. Il en avait conclu que ceux-ci étaient creux ainsi que leurs prolongements anastomosés. Quant à nous, nous pensons que les courants du réactif s'établissaient dans le système cavitair de la substance fondamentale autour des prolongements qui ne sont pas creux.

(1) *Recherches et observations sur les tubes cornéens* (Annales d'ophtalmique, p. 153, avril 1853).

Ce système cavitaire est parfaitement démontré par la méthode de préparation que M. Recklinghausen (1) a employée : il fait usage d'une solution de nitrate d'argent, au 400^e ou au 800^e, qui colore et semble rétracter la substance fondamentale de manière à agrandir ses cavités. Elles apparaissent alors sur le fond bruni de la préparation, comme des espaces clairs, dont le contour très-net présente de nombreux prolongements canaliculés qui vont se rendre à des espaces voisins et quelquefois aux cavités qui contiennent les éléments nerveux. Ces espaces renferment des cellules fusiformes et étoilées, car en mettant une solution de carmin sur la préparation, celles-ci se colorent et semblent ne pas remplir complètement la loge qui leur est destinée. M. Recklinghausen a injecté ces espaces au mercure, et il a pu par une légère pression faire cheminer ce liquide de l'un à l'autre.

Ces observations ne sauraient donc laisser aucun doute sur l'existence des canaux dans la cornée. Mais comment faut-il les envisager? — Pour M. His ils forment un circuit fermé, sans communication démontrable avec des lymphatiques. — Pour M. Recklinghausen ils communiquent avec les canaux lymphatiques de la conjonctive.

La question en était là, lorsque M. Th. Leber (2) entreprit de nouvelles recherches. Il se servit comme matière à injection de l'essence de térébenthine colorée par du sang-dragon dissous dans l'alcool absolu. En piquant une cornée de bœuf vers son milieu, et poussant l'injection sous une pression de 8 à 10 centimètres de mercure,

(1) *Die Lymphgefäße und ihre Beziehung zum Bindegewebe (les Lymphatiques et leurs rapports avec le tissu conjonctif)*, p. 36 ; Berlin, 1862.

(2) *Ueber die Lymphwege der Hornhaut (sur les Canaux lymphatiques de la cornée)* (*Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, janvier et février 1866).

il vit diverger de ce point des canaux fins, noueux, s'anastomosant fréquemment entre eux, formant plusieurs couches superposées et finissant par occuper toute la cornée; sur le pourtour de celle-ci l'injection éprouve un temps d'arrêt; puis sur certains points on voit la matière pénétrer dans la conjonctive et y former un réseau dont les mailles sont d'autant plus espacées qu'on les observe plus loin de la cornée. Ces réseaux de la conjonctive finissent par recouvrir toute cette muqueuse, ce qui semble prouver qu'ils sont en communication avec les réseaux de la cornée. — L'auteur admet donc que les canaux de la cornée communiquent avec les lymphatiques. — Il lui restait à déterminer si les canaux qu'il avait injectés avaient des parois propres. Il les fit macérer dans des acides concentrés, qui dissolvent la substance amorphe, mais la préparation devint si cassante qu'il ne put rien déterminer; dans l'acide acétique étendu, elle devint d'une mollesse extrême, et il vit que si les canaux n'avaient pas eu des parois propres, ils se seraient déformés. Ces parois ne lui ont pas paru élastiques; vidées elles restent flasques et font des plis. — Enfin M. Leber termine en disant que par suite du grand pouvoir réfringent de la térébenthine, il ne put plus apercevoir les cellules de la cornée, de sorte qu'il n'a pu déterminer si elles sont contenues dans les élargissements des canaux, ou si ces élargissements sont les cellules elles-mêmes dont les prolongements auraient été injectés.

B. Couche superficielle ou conjonctivale.

Reichert et Bowman ont signalé la couche antérieure de la cornée en 1845. Ils la considéraient comme une couche de nature élastique et la désignaient sous le nom

de *membrane élastique*; on abandonna cette dénomination qu'on lui avait donnée d'abord. His l'appelle *couche limitante antérieure*. Le nom de *conjonctive cornéenne* lui est souvent donné.

Son épaisseur est de 0^{mm}006 à 0^{mm}008.

En faisant macérer une cornée dans l'acide chlorhydrique étendu, puis en râclant le tissu propre, on peut isoler la couche antérieure sous forme d'une membrane qui a une tendance continuelle à s'enrouler en dedans.

Elle ressemble à la substance intercellulaire de la couche moyenne par ses caractères chimiques; seulement par l'acide nitrique, la potasse et l'iode, elle se colore en jaune d'une manière plus intense.

Elle est formée par une mince lame de matière amorphe, transparente, finement granuleuse, complètement homogène, continue avec la couche amorphe de la muqueuse conjonctivale.

Elle est vasculaire chez le fœtus; mais à partir du milieu du septième mois, les vaisseaux disparaissent. Il ne reste plus, chez l'adulte, que quelques vaisseaux capillaires qui pénètrent vers la circonférence de la couche superficielle, y cheminent dans une étendue de un ou deux millimètres, puis s'infléchissent sous forme d'anses pour retourner dans le réseau de la conjonctive ou de la sclérotique d'où ils sont issus.

Quelques fibres lamineuses continues avec celles de la conjonctive pénètrent, en accompagnant les vaisseaux, dans la circonférence de la couche superficielle, pour se perdre bientôt dans son épaisseur.

C'est dans cette couche amorphe superficielle que se développent les vaisseaux dans la maladie qu'on appelle kératite vasculaire (M. Robin); mais ces vaisseaux ne se

développent que consécutivement à une inflammation de la conjonctive (Broca), et s'étendent de la conjonctive à la cornée. C'est encore dans cette couche que se développe le tissu fibreux du pterygion.

La face postérieure de la couche amorphe superficielle est appliquée sur la couche moyenne. La face antérieure est recouverte de cellules épithéliales stratifiées. Les couches profondes sont composées de cellules allongées, placées perpendiculairement à la surface de la cornée ; les cellules des couches moyennes ont une forme plus arrondie, celles de la superficie enfin sont de véritables lamelles aplaties, molles, munies d'un noyau. Cet épithélium se continue avec celui de la conjonctive. Le dépoli de la cornée dans la kératite ponctuée consiste dans la chute par places de cet épithélium.

Nerfs. — Jusqu'à ces derniers temps, il était généralement admis que la cornée ne contenait des éléments nerveux que dans sa couche moyenne. Il y a quelques mois, M. Hoyer (1) dit avoir trouvé, même dans la couche amorphe superficielle, des réseaux de cylindres d'axe qui pénétreraient dans la couche épithéliale pour se terminer au niveau des cellules les plus antérieures de cette couche. M. Cohnheim (2) a plus récemment encore confirmé ces observations.

Pour lui un réseau très-riche de cylindres d'axe sans noyaux existe seulement dans la couche amorphe de la conjonctive cornéenne; de ce réseau partent de petites fibres qui traversent la couche épithéliale, quelquefois en se divisant en trois ou quatre fibrilles secondaires, et se termi-

(1) *Archives de Dubois-Reymond*, 1866, p. 180 à 195.

(2) *Centralblatt für der medicinische Wissenschaften* (*Journal central pour les sciences médicales*), 9 juin 1866.

nent entre les cellules épithéliales les plus antérieures, par un petit renflement en forme de bouton. Ces extrémités de fibres nerveuses baignent ainsi dans la couche de larmes qui recouvre la cornée. M. Cohnheim a fait ces observations sur la cornée d'un grand nombre de mammifères. Il dit n'avoir point rencontré les cellules ganglionnaires que d'autres anatomistes ont vues dans la cornée.

C. Couche profonde:

La couche profonde n'est autre que la *membrane de Demours* ou de *Descemet*. Elle se compose de deux parties : d'une membrane anhiste et d'un épithélium.

La première est transparente comme du verre, brillante, complètement amorphe, facile à déchirer et cependant assez solide et élastique.—Son épaisseur est de 0,014 à 0,015 de millimètre (*Kœlliker*, p. 663).

Vers le bord de la cornée, elle perd progressivement les caractères qui la distinguent : « on y voit naître des stries jaunâtres, parallèles aux faces de la membrane qui devient enfin une véritable membrane élastique. Les fibres de cette membrane vont en divergeant un peu d'avant en arrière ; bientôt elles se divisent en deux faisceaux : l'un interne, plus petit, se réfléchit en dedans vers l'axe de l'œil et se porte vers la face antérieure de l'iris, dans le tissu duquel il se perd ; l'ensemble de tous ces faisceaux réfléchis constitue le *ligament pectiné de l'iris* ou le *ligament pectiné de Hueck*. L'autre faisceau, ou portion externe de la membrane élastique, continue son trajet antéro-postérieur, et ne tarde pas à se diviser en deux faisceaux secondaires, dont le plus superficiel va s'unir au réseau de fibres élastiques que présente la sclérotique à ce niveau,

pour constituer la paroi interne du canal de Schlemm; tandis que le faisceau profond s'écarte légèrement du précédent, circonscrivant ainsi en dedans un espace aplati, allongé d'avant en arrière, qui porte le nom de canal de Schlemm, et après un trajet marqué par la largeur de ce canal, vient rejoindre le faisceau superficiel. C'est de cette portion interne formant la paroi interne du canal de Schlemm que naissent les fibres du muscle ciliaire » (1).

La membrane de Demours est recouverte par une simple couche de cellules épithéliales pavimenteuses. Elles contiennent un noyau et une substance finement granulée. Cet épithélium dont l'épaisseur est de 0,005 à 0,007 de millimètre, présente des cellules plus petites vers la circonférence de la cornée, où il devient incomplet; puis sur le bord de l'iris la couche épithéliale redevient complète. D'après M. Robin, l'épithélium s'arrête à la circonférence de la cornée, il n'existe nullement sur la face antérieure de l'iris.

Développement.

La cornée paraît se développer dans le même blastème que la sclérotique. Sur l'œil d'un embryon humain de sept à huit semaines, que M. His (2) eut l'occasion d'examiner, la cornée et la sclérotique étaient tout à fait semblables dans leur apparence et dans leurs parties élémentaires; une légère trace circulaire, bien visible à la loupe, était la seule séparation de ces deux membranes. Au microscope, elles se montraient constituées par un amas de

(1) Marc Sée, thèse inaugurale sur l'accommodation de l'œil et le muscle ciliaire, 1856.

(2) *Loc. cit.*, p. 56.

noyaux *embryoplastiques*, au milieu desquels on pouvait déjà distinguer, par la dilacération, quelques cellules fusiformes formées autour d'un noyau. Les membranes limitantes, antérieure et postérieure, semblaient ne pas exister encore. M. le professeur Robin a eu aussi l'occasion d'observer la cornée d'un embryon à une époque où elle ne se distinguait pas de la sclérotique, et où elle était uniquement formée par des noyaux embryoplastiques réunis entre eux par un blastème grenu.

Un peu plus tard, la cornée commence à devenir transparente. M. Ritter (1) a vu sur un embryon humain, âgé de dix semaines au plus, un point transparent sur la partie la plus proéminente de la membrane. Ce point était formé par une substance anhiste, transparente, qui semblait s'être interposée entre les noyaux et les corps fusiformes et les avoir écartés les uns des autres. La membrane de Bowman et celle de Descemet n'existaient pas encore, non plus que l'épithélium qui les recouvre. Dans les portions non transparentes, la substance amorphe existait ; mais les noyaux étaient beaucoup plus nombreux. En se rapprochant de la sclérotique, les noyaux se pressaient les uns contre les autres ; enfin, plus loin, apparaissaient les cellules fibroplastiques de la sclérotique.

Au troisième mois, d'Ammon (2) a vu les réseaux de fibres ; c'est à cette époque que la cornée se délimite nettement et définitivement par rapport à la sclérotique, qui, de son côté, devient plus compacte, plus épaisse et plus blanche.

Ces observations sur le développement de la cornée humaine ont été confirmées par l'étude des mêmes faits

(1) *Archiv für Ophthalmologie von Graefe*, t. X, p. 61, 1^{re} série ; 1864.

(2) *Histoire du développement de l'œil*, p. 40, traduct. de 1860.

chez les mammifères. Elles ont conduit à regarder les noyaux embryoplastiques comme les éléments qui naissent les premiers, puis autour d'eux les cellules fusiformes et étoilées, et entre eux la substance amorphe, d'abord molle et en très-petite quantité. Une dilacération de la cornée ne donne pas encore de lamelles, mais des lambeaux et des fibres irrégulières. La substance intercellulaire n'a pas encore la propriété de double réfraction à la lumière polarisée. Ce n'est que dans la seconde moitié de la vie intra-utérine qu'elle augmente considérablement en abondance, qu'elle commence à réfracter doublement la lumière polarisée et à se déchirer en lamelles. A ce moment, des tubes nerveux avec de nombreux noyaux sur leur parcours sont nés dans le tissu cornéen.

La couche antérieure et la couche postérieure ne paraissent formées que par une sorte de débordement de la matière amorphe au-dessus et au-dessous des rangées stratifiées de corps fibroplastiques. Par suite du développement, elles se différencient de la couche moyenne, et cette scission se caractérise plus pour la membrane de Descemet que pour la lame antérieure.

En résumé, on voit donc que la cornée ne se développe pas par une addition successive de couches d'une matière transparente, couches qui se superposeraient en laissant entre elles des espaces et des canaux qui seraient ce qu'on connaît sous le nom de *réseaux de cellules*. Elle se constitue par une apparition de noyaux embryoplastiques, aux dépens desquels naissent les corps fibroplastiques et les faisceaux de fibres lamineuses qui persistent toute la vie comme cellules et fibres de la cornée : entre ces éléments se développe et s'accumule ensuite cette matière hyaline dont la masse relative devient bientôt prédominante. En vieillissant, le tissu cornéen, d'abord mou, se

durcit peu à peu et change dans ses propriétés physiques et chimiques, de manière à présenter des caractères tels que nous les avons vus chez l'adulte.

Vers le commencement du cinquième mois, J. Müller et Henle, les premiers, ont signalé dans la couche la plus superficielle, qui formera la conjonctive cornéenne, un riche réseau vasculaire qui paraît cependant ne pas s'étendre jusqu'au centre de cette membrane. Ces vaisseaux s'atrophient vers la fin de la vie fœtale, et, après la naissance, les anses vasculaires que nous avons signalées vers la marge de la couche superficielle en sont les seuls vestiges.

Le fait le plus important de la texture de la cornée est cette absence complète de vaisseaux dans ces trois couches. Il en résulte que la cornée se nourrit, en empruntant du plasma aux tissus vasculaires qui l'avoisinent, par la propriété d'assimilation et de désassimilation dont jouissent ses éléments, comme tous les autres éléments anatomiques vivants. Supposer que les cellules de la cornée sont destinées à apporter et à distribuer des matériaux de nutrition dans son intérieur est une hypothèse gratuite, inutile pour expliquer comment la cornée se nourrit, et impossible à démontrer. « Je dois vous rappeler quelques faits, dit M. le professeur Robin (1), qui demandent à être spécifiés plus nettement lorsqu'il s'agit d'étudier le pus et les sérosités qui siègent accidentellement dans les interstices des éléments anatomiques du tissu lamineux et d'autres encore. En fait de liquides de l'économie, nul de ceux qui sont hors des capillaires n'est semblable au plasma ou au contenu fluide de ces der-

(1) *Traité des humeurs*, 1866, p. 278.

niers, bien qu'il ait fourni les matériaux de leur formation, mais par exosmose dialytique. Naturellement, et à plus forte raison encore que pour les sérosités, il en est ainsi des liquides intra-nucléaires et intra-cellulaires. Rien de plus impropre par conséquent, à cet égard, que les noms de *noyaux* et de *cellules plasmatiques* donnés aux noyaux embryoplastiques et aux fibres lamineuses à l'état embryonnaire (corps fibro-plastiques fusiformes et étoilés), et que celui de *tubes plasmatiques* attribué aux fibres du tissu cellulaire ou lamineux qui prolongent ces corps fibroplastiques. En étudiant les éléments anatomiques, je vous ai fait voir, du reste, que nul des éléments anatomiques creux, comme les ostéoplastes et leurs canalicules, etc., ne communique avec la cavité réellement plasmatique des capillaires; je vous ai montré aussi que lorsqu'on parvient à rendre probable l'existence d'une cavité dans les noyaux embryoplastiques, dits *plasmatiques*, on prouve facilement que l'intérieur de ces noyaux n'est pas en continuité canaliculaire avec l'intérieur des fibres rayonnant autour de lui comme centre. Enfin, vous savez aussi que jamais on n'a pu démontrer l'existence d'une cavité, non plus que d'un liquide dans ces fibres appelées arbitrairement *tubes plasmatiques*, et que l'on suppose, sans aucune preuve tirée de l'expérience ni de l'observation, être destinés à *charrier des sucs pour la nutrition*. Le charroi des sucs se comprend difficilement, du reste, dans l'état actuel de la physique, au sein de filaments supposés creux, dont la largeur totale ne dépasse jamais 0^{mm},001. Ces faits sont, d'autre part, en rapport avec ce que nous a appris l'étude de la composition immédiate de ces éléments fibroplastiques. Dans les tendons ils sont en effet, avec les cartilages et le tissu jaune élastique, ceux qui, de tous, contiennent le moins d'eau et le plus de

principes solides et fixes (l'émail, l'ivoire et l'os exceptés) » (1).

La cornée ne peut s'enflammer, puisqu'elle manque d'un réseau capillaire sanguin, siège des phénomènes intimes de l'inflammation ; elle ne peut que présenter des lésions de nutrition lorsque les tissus aux dépens desquels elle vit sont malades ; alors, elle se ramollit et s'ulcère par places ou il se développe dans son épaisseur des éléments anatomiques autres que ceux que l'on y rencontre à l'état normal ; c'est ainsi que des granulations graisseuses envahissent son tissu et produisent des taies, des opacités ; que des leucocytes naissent et se collectent dans son épaisseur, de manière à former des abcès sans capillaires pour sécréter le pus (Robin).

Moyens d'étude.

Nous réunissons dans ce paragraphe quelques moyens pour voir et étudier les éléments dont nous venons d'exposer l'arrangement.

Frey conseille de dessécher la cornée et d'en faire ensuite des coupes fines que l'on ramollit dans l'eau légèrement acidulée, ou que l'on teinte avec du carmin ; on a ainsi, sans difficulté, les principaux rapports de texture.

Pour reconnaître la double réfraction dans la substance intermédiaire, il faut employer des coupes desséchées et enfermées dans du baume du Canada.

Pour bien voir les cellules fibro-plastiques, il faut faire une coupe mince parallèlement aux faces d'une cornée fraîche, et la traiter sur le porte-objet même par l'acide acétique étendu, et par une goutte de teinture d'iode diluée

(1) Voy. aussi les pages 75 et 76, et la note de la page 229 du même traité des humeurs.

ou d'eau iodée, en ayant soin d'enlever le superflu d'iode un instant après. Les cellules fibro-plastiques, les noyaux, deviennent d'un jaune éclatant, tandis que la substance amorphe reste transparente. — L'esprit de bois laisse aussi la substance amorphe transparente, tout en colorant légèrement les cellules (His). — Dans le même but, Remak recommande d'employer un mélange d'esprit de bois et d'alcool étendus et colorés par une faible dissolution de sulfate de cuivre.

Une solution à moitié d'eau et d'acide chlorhydrique ou sulfurique dissout, au bout de plusieurs heures, la substance intercellulaire et isole ainsi les cellules, les vaisseaux et les nerfs. Cette méthode a, sur la coction, l'avantage de ne pas troubler la situation des parties. Après avoir examiné son objet sans réactif, on introduit l'acide sur le porte-objet et après l'avoir laissé plusieurs heures à lui-même recouvert par un verre de montre, on l'examine de nouveau. Lorsqu'on a employé les précautions nécessaires, on s'oriente avec la plus grande facilité comme si la substance intercellulaire n'avait pas disparu (His).

Nous avons parlé du procédé de Recklinghausen (p. 22), au moyen du nitrate d'argent, pour voir les cavités de la substance amorphe, nous n'y reviendrons pas ici.

M. Cohnheim a obtenu ses résultats sur les nerfs de la cornée (p. 25), par l'emploi du réactif suivant : il fait tremper la cornée dans une dissolution de chlorure d'or, pendant une demi-heure ou une heure, jusqu'à ce qu'elle ait pris une coloration jaune ; puis, il la laisse pendant deux ou trois jours dans un bain d'acide acétique étendu. Au bout de ce temps, la réduction de l'or est complète : selon M. Cohnheim, ce réactif est très-précieux pour l'objet qui nous occupe, parce qu'il est réduit plus spécialement par

certaines tissus, et en particulier par les fibres nerveuses : on comprend, en effet, que les particules auriques, déposées dans ces fibres, permettent de les suivre avec certitude.

M. Leber a parfaitement constaté que, pour les injections des lymphatiques de la cornée (s'il en existe), une des grandes difficultés est de trouver une matière à injection qui ne soit pas aqueuse, afin que le tissu de cette membrane ne puisse pas s'en imbiber, se gonfler consécutivement, et oblitérer la cavité des petits vaisseaux à démontrer. Le liquide qui lui a paru le plus favorable est l'essence de térébenthine, mais il n'a pu trouver le moyen de la colorer convenablement; il ne distingue les canaux qui en sont remplis, que par le grand pouvoir réfringent, de l'essence qu'ils renferment. — M. Recklinghausen a injecté les canaux et les espaces de la substance amorphe; mais M. Sappey nous fait remarquer combien il faut se tenir en garde pour ne pas prendre un simple épanchement entre les lamelles pour une injection de canaux quelconques.

Les couches antérieure et postérieure de la cornée n'étant pas envahies par les opacités, les cornées devenues opaques sont les plus propres à démontrer leur existence.

CHAPITRE II.

DES HUMEURS DE L'OEIL.

I. HUMEUR AQUEUSE,

L'humeur aqueuse remplit l'espace situé entre la face postérieure de la cornée et la face antérieure du cristallin. Pendant longtemps, on a divisé cet espace en deux chambres séparées l'une de l'autre par l'iris, et communiquant l'une avec l'autre à travers la pupille. Mais il est bien démontré aujourd'hui que la face postérieure de l'iris étant appliquée sur le cristallin, la chambre postérieure ne saurait exister. Pourtant il faut ajouter que, quand l'œil est au repos, il y a entre le pourtour du cristallin, les procès ciliaires et l'iris, un petit espace qui est rempli d'humeur aqueuse, espace qui tend à s'amoinrir et même à disparaître lorsque le cristallin devient plus convexe pendant l'accommodation.

L'humeur aqueuse est incolore, transparente et fluide comme l'eau.

La quantité en est difficile à apprécier, car non-seulement elle est très-minime, ce qui rend les pesées difficiles, mais encore elle s'évapore très-rapidement après la mort à travers la cornée. Petit pesait le globe oculaire avant et après l'écoulement de cette humeur. Il évalua sa quantité à 20 ou 25 centigrammes. Il est probable que Petit n'avait opéré que sur des yeux dont l'humeur était en partie évaporée, car les recherches précises de M. Sappey, qui s'est mis le plus possible à l'abri de cette cause d'erreur, lui ont donné 40 à 45 centigrammes.

La densité de l'humeur aqueuse est de 1,0053 d'après Brewster.— Son pouvoir réfringent est de 1,339.

La chaleur et les réactifs qui précipitent l'albumine ne la troublent pas. Les traces de substance coagulable qui entrent dans sa constitution sont trop minimes pour que leur passage à l'état solide en altère sensiblement la limpidité. Elle a une réaction légèrement alcaline.

La composition immédiate de cette humeur chez le veau a été donnée par Lohmeyer :

Principes minéraux ou de la 1^{re} classe.

Eau.....	986,870
Chlorure de sodium.....	6,890
— de potassium.....	0,113
Sulfate de potasse.....	0,221
Phosphates et carbonates de chaux et de magnésie.....	0,473

Principes organiques ou de la 2^e classe.

Principes indéterminés, dits extractifs, et urée. . .	4,210
Glycose.....	q. non dosée

Principes organisés ou de la 3^e classe.

Albumine sèche.....	1,223
---------------------	-------

On sait avec quelle rapidité l'humeur aqueuse se reproduit lorsqu'elle a été évacuée par une solution de continuité de la cornée; je n'en donnerai d'autre preuve que le fait rapporté par Plenck qui a vu couler vingt-quatre grains de cette humeur en douze minutes par une plaie pénétrant dans la chambre antérieure. D'après M. Cl. Bernard, le ganglion ophthalmique et les nerfs ciliaires auraient une grande influence sur cette sécrétion, car après l'extirpation de ce ganglion, l'œil devient flasque et l'humeur aqueuse évacuée ne se reproduit plus.

Du sang, du pus (1), peuvent se mêler à l'humeur aqueuse et en altérer la parfaite transparence; mais ce trouble n'est que momentané, et tend à disparaître plus ou moins rapidement par la dissolution des produits étrangers et leur absorption. D'après M. Ch. Robin (2), elle peut contenir des lamelles de cholestérine provenant du cristallin dont la capsule antérieure est rompue.

II. CORPS VITRÉ.

Ce qu'on appelle *corps vitré* est un milieu réfringent formé par une *humeur* renfermée dans une *enveloppe membraneuse*.

Il remplit tout l'espace compris entre le cristallin et le fond de l'œil. — Son volume est par conséquent considérable, et peut être évalué approximativement aux $\frac{4}{5}$ du volume total de l'organe visuel. — Sa forme est sphéroïdale; il présente en avant une dépression cupuliforme pour loger la face postérieure du cristallin; dans tous les autres points de sa surface, sauf dans la zone qui avoisine le bord du cristallin, il est recouvert par la rétine, exactement tendue sur sa convexité au moyen d'adhérences que

(1) M. Recklinghausen, en produisant des inflammations du globe oculaire, chez les grenouilles, a trouvé dans l'humeur aqueuse de nombreux leucocytes déformés et présentant sous les yeux de l'observateur ces expansions sarcodiques qu'il a pris pour des mouvements amiboïdes de ces éléments. Ces altérations de forme se montrent constamment lorsque les globules de pus sont plongés dans certains liquides et qu'ils commencent à s'altérer, mais ce ne sont point des phénomènes de contractilité. Les cellules de la cornée ont présenté quelquefois des phénomènes analogues.

(2) *Traité des humeurs*, 1866, p. 258.

nous aurons à étudier. Extérieurement à la rétine le corps vitré est en rapport avec la choroïde, les procès ciliaires et le muscle ciliaire; plus extérieurement encore avec la sclérotique.

Toutes les propriétés physiques et chimiques du corps vitré vont être étudiées à propos des deux parties qui le composent, il est donc inutile d'en parler ici.

A. *Membrane hyaloïde.*

La membrane qui contient l'humeur du corps vitré, a été découverte par Fallope, et a reçu le nom de *membrane hyaloïde*.

Elle est d'une transparence parfaite, assez résistante pour supporter sans se rompre tout le poids du corps vitré, et cependant tellement mince que plusieurs anatomistes l'ont niée. Elle ne dépasse pas 0^{mm},002 d'épaisseur. Sa transparence et sa minceur la rendent en effet à peine reconnaissable au microscope, surtout dans la portion qui est en arrière de *l'ora serrata*; mais vers sa partie antérieure elle devient plus épaisse, et son existence ne peut être niée.

En faveur de l'existence de la membrane hyaloïde j'invoquerai les faits suivants: 1^o Lorsque après avoir isolé le corps vitré ainsi que la zone de Zinn et le cristallin, on place la préparation sous le microscope, on remarque à la surface des plis de direction et de dimensions très-variées qu'on peut effacer, augmenter et modifier à volonté. 2^o Si l'on saisit un de ces plis on peut soulever tout le corps vitré; mais si l'on pratique d'abord une incision au niveau de ce pli, et si l'on saisit ensuite le corps vitré par un des points de la surface de section, celui-ci ne se laisse plus enlever. 3^o Si l'on fait macérer le corps vitré,

pendant 7 à 8 jours, comme l'indique M. Sappey, dans un eau légèrement alcoolisée ou acidulée, sa surface prendra une teinte un peu opaline; détachez-en alors un segment, puis examinez le profil de la coupe, et vous constaterez que la teinte opaline n'occupe que la surface, c'est-à-dire la membrane du corps vitré; le liquide sous-jacent a conservé toute sa transparence. Si vous doutez encore, écrasez ce segment entre deux lames de verre, ou même entre la pulpe de deux doigts, de manière à en exprimer toute l'humeur qui lui adhère; vous réussirez à isoler une pellicule apercevable à l'œil nu, plus distincte encore au microscope.

L'existence de la membrane hyaloïde étant bien établie, étudions sa disposition.

Vue par sa face externe, cette membrane est lisse comme une lame de verre, constamment tendue et étalée, soit au niveau de la rétine soit au niveau du cristallin.

Sa face interne a été souvent décrite comme hérissée de prolongements destinés à cloisonner la masse de l'humeur vitrée.

Mais la face interne de la membrane hyaloïde présente-t-elle réellement des prolongements?

Demours, Haller, Petit, Zinn et les anatomistes du XVIII^e siècle ont admis que le corps vitré était constitué par un tissu filamenteux extrêmement délicat, entrelacé de façon à intercepter des espaces cellulaires, dans lesquels on supposait qu'était retenu le liquide qui s'échappait lentement quand on avait ponctionné l'enveloppe hyaloïdienne. Ce n'est pas que ces filaments ou ces cellules eussent jamais été vus par aucun anatomiste, mais on admettait leur existence à cause de la forme que prend l'humeur contenue après avoir été congelée; elle se montre alors sous la forme de petits fragments distincts. On voyait

là l'explication plausible d'une des propriétés les plus évidentes de cette partie qu'on rapprochait par une analogie imaginaire du tissu cellulaire commun.

Néanmoins, quand des moyens plus parfaits d'investigation eurent été employés sans succès pour démontrer l'existence de ce substratum fibreux, il devint nécessaire de se livrer à de nouvelles recherches, dirigées dans un sens différent, pour arriver à découvrir la texture du corps vitré.

Pappenheim (1842) paraît avoir été le premier à appeler l'attention sur la possibilité de démontrer la disposition intime de cette partie. Il annonça que le corps vitré traité par une solution de carbonate de potasse, laissait voir une succession de couches concentriques semblables à celles d'un oignon. Brücke (1843) suivit la voie ainsi frayée, s'imaginant qu'il existait dans la substance du corps vitré une série de membranes susceptibles d'une démonstration anatomique. Il crut que, si on plongeait l'humeur dans une solution capable de former un précipité à mesure que l'imbibition la transporterait dans la substance vitrée, ces membranes arrêteraient vraisemblablement ce précipité et deviendraient ainsi apparentes à l'œil de l'observateur. Il prit donc un œil de mouton et mit à nu le corps vitré en enlevant la sclérotique, la choroïde et la rétine jusque vers l'*ora serrata* en avant, puis il le plongea dans une solution concentrée d'acétate de plomb. Une croûte blanche se montra immédiatement à la surface, et quand, quelques heures après, il détacha une petite tranche de la partie postérieure, il vit la surface de section parcourue par de petites lignes d'un blanc de lait, et offrant dans toute son épaisseur l'aspect d'une agathe finement rayée. Il acquit bientôt la conviction que ces lignes étaient produites par des couches traversant

toute la substance vitrée, de telle manière que la plus externe était presque parallèle à la rétine, et la plus interne à la face postérieure du cristallin. Les couches externes étaient fortement rapprochées les uns des autres et se terminaient en s'unissant avec la portion de l'hyaloïde située contre la zone de Zinn; mais quant aux couches moyennes et aux plus internes, il n'avait pu découvrir comment elles se terminaient. Il examina ensuite la texture de ces couches. A l'œil nu ou armé d'une loupe, elles paraissaient consister simplement en une membrane transparente d'un blanc laiteux; mais à l'aide d'un plus fort grossissement, on apercevait, au niveau des lignes blanches, un précipité finement granuleux (composé probablement de chlorure de plomb), et dans leurs intervalles, ou bien une transparence parfaite, ou bien une plus petite quantité d'un dépôt granuleux semblable, si ce n'est qu'il était encore plus délicat. Brücke remarqua de plus que le corps vitré ainsi préparé se déchirait très-aisément dans le sens de ses couches, et que les espaces transparents, existant entre les couches blanches, étaient remplis par une masse d'apparence gélatineuse.

Dans un travail subséquent (1845), cet anatomiste avance que, bien loin que la congélation du corps vitré fournisse la moindre preuve à l'appui de l'opinion qui le considère comme formé par des cellules, elle confirme, au contraire, l'opinion qu'il a déjà émise, que le corps vitré est formé de membranes concentriques renfermées les unes dans les autres.

Hannover (1845, *Müller's Arch.*), après avoir fait séjourner pendant six mois des yeux humains dans de l'acide chromique, crut voir, non plus des couches concentriques, mais des cloisons membraneuses. Il écrivit alors que la structure du corps vitré ressemblait grossièrement

à celle d'une orange. — W. Bowman (1847), employa aussi l'acide chromique, et vit, comme Hannover, des stries et des lignes opaques ; mais, en examinant ces parties à un fort grossissement, il n'aperçut aucune texture spéciale, aucune véritable membrane : il ne vit qu'une masse granuleuse, qui lui parut seulement plus noire et plus obscure dans les endroits où, à l'œil nu, existaient des lignes opaques.

W. Bowman répéta ensuite les expériences de Brücke avec une solution concentrée d'acétate de plomb, et obtint les mêmes couches que lui, formées par la précipitation du sel de plomb. Il reconnut, comme Brücke, les grains du précipité. Il vit qu'ils sont irrégulièrement dispersés dans le tissu transparent de l'humeur vitrée, partout où la solution a pénétré, quoiqu'ils soient beaucoup plus abondants dans les couches opaques. Mais, comme il n'aperçut aucune ligne brusque servant de limite et pouvant faire croire qu'il existe une membrane semblable à la membrane des autres parties du corps, et capable d'intercepter le précipité, il en rejeta l'existence. — De plus s'étant avisé de pratiquer des coupes dans des corps vitrés frais(?), et de plonger ensuite ces fragments dans la solution d'acétate de plomb, il vit que le sel ne donnait plus de précipités concentriques à la rétine, mais formait, en se déposant, des couches parallèles à la surface de section. Bowman tira de ce fait la conclusion que ces couches si belles et si élégantes ne sont pas dues à l'existence d'une série correspondante de membranes anatomiques, mais dépendent d'une cause toute physique. — Quant à la congélation, Bowman l'a aussi employée : la glace, dit-il, en se formant dans l'humeur vitrée, prend une forme cristalline qui n'est en rapport avec aucune structure, et quand elle fond, on peut en enlever des couches et des

fragments anguleux dans toutes les directions possibles. Il faut avoir une idée fortement préconçue, pour admettre comme Brücke que la glace s'enlève sous forme de lamelles concentriques.

La face interne de la membrane hyaloïde ne semble donc pas donner naissance à des cloisons, et je ne crains pas d'affirmer avec Kœlliker (p. 693) et M. Ch. Robin que ces cloisons, si elles existaient, se reconnaîtraient à des plis, tout aussi bien que l'hyaloïde elle-même, qui est excessivement mince.

La membrane hyaloïde est donc une enveloppe lisse sur sa face interne aussi bien que sur sa face externe.

Quant à sa structure, Brücke, Huschke, Valentin, etc., disent qu'elle se compose de cellules pâles et aplaties, et en font une lame de nature épithéliale; mais ces cellules n'ont point été retrouvées par MM. Kœlliker, Ch. Robin et Sappey, qui s'accordent à la considérer comme une membrane purement anhiste.

Zone de Zinn. — Les points les plus importants de l'histoire anatomique de la membrane hyaloïdienne sont son épaisseur, son aspect radié et sa résistance au moment où elle atteint le bord du cristallin. On dirait, à première vue, une membrane fibreuse entourant cette lentille comme une collerette. C'est la *zone de Zinn*, partie complexe qui, à notre époque, doit être considérée comme le point d'attache de la rétine et le *ligament suspenseur du cristallin*.

La zone de Zinn commence en arrière à 1 millimètre et demi environ de ce qu'on appelle l'*ora serrata*, c'est-à-dire au point où la membrane hyaloïde qui enveloppe la partie postérieure du corps vitré semble se confondre avec la rétine; en avant elle vient se terminer sur la cap-

sule antérieure du cristallin, à laquelle elle s'insère. La largeur de cette zone est un peu plus considérable dans sa moitié externe que dans sa moitié interne; la différence n'est guère, du reste, que de 1 millimètre.

On lui considère : 1° *une face externe* en rapport successivement et d'arrière en avant avec la portion ciliaire de la rétine, avec la couronne des procès ciliaires de la choroïde et avec l'humeur aqueuse de la chambre antérieure; 2° *une face interne* qui s'applique sur la membrane hyaloïde et paraît se confondre avec elle dans une partie de son trajet.

Pour la commodité de la description, nous admettrons avec M. Sappey trois portions dans la zone de Zinn : une portion postérieure, une moyenne et une antérieure.

La *portion postérieure* est légèrement plissée et adhère par sa face externe au prolongement cellulo-vasculaire de la rétine qui la sépare de la partie non plissée de la zone choroïdienne; la couche pigmentaire de cette dernière reste généralement adhérente au niveau des plis radiés de la zone de Zinn, quand on sépare les deux membranes.

La *portion moyenne*, beaucoup plus fortement plissée, répond à la couronne des procès ciliaires de la choroïde, et les dentelures qu'elle présente pour s'engrener avec eux constituent les *procès ciliaires du corps vitré* de quelques auteurs. Ces dentelures, qui font saillie dans le canal de Petit, offrent la forme de triangles curvilignes allongés dont le bord convexe pénètre dans les interstices qui séparent les uns des autres les procès ciliaires choroïdiens, et dont la base répond à la face antérieure du cristallin et à sa circonférence.

Pour M. Ch. Ritter, la zone de Zinn ne s'interpose pas entre les plis des procès ciliaires, mais passe au-dessus.

Leurs intervalles sont comblés par la portion ciliaire de la rétine (1).

Le bord concave des replis de la zone de Zinn, qui fait saillie dans le canal godronné, doit être examiné par la face postérieure du corps vitré. On constate alors, dit M. Sappey, que ces replis « se divisent en deux ordres : les grands et les petits. Les grands sont au nombre de dix-huit à vingt ; leur bord concave est très-saillant. Entre deux grands procès ciliaires, on en trouve trois ou quatre de petites dimensions. »

La *troisième portion* de la zone de Zinn ou *portion antérieure*, est étendue depuis les procès ciliaires qu'elle abandonne, jusqu'à la face antérieure de la cristalloïde à laquelle elle s'insère. Elle est libre et baignée en avant par l'humeur aqueuse ; en arrière elle répond au canal de Petit, dont elle forme la paroi antérieure. Elle est formée de fibres qui, s'anastomosant fréquemment entre elles, viennent s'unir à la capsule antérieure du cristallin, à 2 millimètres environ de sa circonférence et se confondent intimement avec elle en augmentant un peu son épaisseur.

Opinions sur la constitution de la zone de Zinn. — Il nous reste à exposer les opinions qui ont été émises sur la constitution de la zone de Zinn et sur la manière dont elle se continue, soit avec la rétine, soit avec la membrane hyaloïde, pour former le ligament suspenseur du cristallin.

Les auteurs ont compris de manières très-diverses la disposition de la membrane hyaloïde à sa partie anté-

(1) Wecker, *Traité des maladies des yeux*, t. II, p. 22.

rière. Les uns veulent qu'au niveau de l'*ora serrata* la membrane hyaloïde, subitement épaissie, continue à se porter en avant, puis se dédouble en deux lames, dont l'une s'attache à la partie antérieure de la capsule du cristallin, et l'autre, passant en arrière, tapisse la fossette dont est creusé le corps vitré. Cette opinion est la plus ancienne.—Les autres soutiennent qu'il s'ajoute de nouvelles membranes à l'hyaloïde.

Retzius de Stockholm considère la zone de Zinn comme le *ligament suspenseur du cristallin*, et Bowman partage son opinion. D'après eux, elle peut être considérée comme formée de deux couches. La première est une membrane dense, doublant la surface interne du corps ciliaire au-dessous de l'épithélium choroïdal, continue en arrière, au niveau de l'*ora serrata* avec la rétine, mais d'une structure dont la nature n'est évidemment pas nerveuse. Elle s'amincit progressivement et se perd dans l'extrémité des procès ciliaires, au moment où ceux-ci se terminent à la face postérieure de l'iris. La deuxième est élastique, transparente, fibreuse, naît de toute la surface interne de la première et s'étend jusqu'au bord antérieur de la capsule du cristallin.

Cette seconde portion est la principale; elle unit le cristallin à tout le cercle des procès ciliaires; elle sert de plus à limiter la chambre postérieure et à séparer l'humeur aqueuse de l'humeur vitrée.

Au niveau de l'insertion du ligament suspenseur à la capsule, celle-ci diminue très-brusquement d'épaisseur, comme si une portion de sa substance servait à la constitution de ce ligament, ou, en d'autres termes, comme si le ligament suspenseur, en s'attachant un peu au delà du bord, venait ajouter son épaisseur à celle de la capsule

pour fortifier toute la portion de cette enveloppe située au devant de son attache. Il semble que ce soit, en effet, en avant que la capsule ait besoin d'une solidité plus grande, parce qu'elle est libre et que l'humeur aqueuse ne saurait lui servir de support, comme le fait en arrière le corps vitré.

Ainsi le ligament suspenseur du cristallin commence en arrière au niveau de l'*ora serrata*, où sa couche externe paraît se continuer avec le bord de la rétine; il s'augmente, en se portant en avant, d'un tissu fibromembraneux, qui naît de sa face interne, et finalement il abandonne les procès ciliaires près de leur grosse extrémité pour se porter sur la partie antérieure de la capsule du cristallin un peu en dedans du bord où il se fixe.

Le ligament suspenseur n'adhère à la membrane hyaloïde qu'au niveau de la partie postérieure du corps ciliaire, et, arrivé près du cristallin, il abandonne l'hyaloïde pour venir s'attacher comme nous venons de le dire.

Au moment où le ligament suspenseur l'abandonne, la membrane hyaloïde se porte sur la face postérieure du cristallin et vient se mettre en contact avec sa capsule un peu au delà du bord de la lentille, de sorte que ce bord se trouve libre dans une cavité bornée en avant par le ligament suspenseur, en arrière par la membrane hyaloïde. Cette cavité est le *canal de Petit*.

Dans certaines préparations, Bowman a cru voir que la membrane hyaloïde s'épaississait pour former la partie postérieure de ce canal, puis s'amincissait pour échapper à la vue vers le centre de la face postérieure de la lentille (1).

(1) Extrait des *Annales d'oculistique*, t. 31, 3^e livr. — 1854.

Hannover (1) décrit à la zone de Zinn trois feuillets bien distincts. — Le premier, le plus externe, correspond à la membrane raide élastique de Bowman; il recouvre immédiatement les procès ciliaires de la choroïde et se porte avec eux vers l'iris. — Le second constitue le ligament suspenseur de Retzius et va s'insérer sur la cristalloïde antérieure au devant du bord du cristallin. — Enfin, il existe une troisième membrane, en arrière du ligament suspenseur, elle s'étend de l'*ora serrata* à la cristalloïde postérieure en arrière du bord de la lentille. Entre elle et le ligament suspenseur proprement dit se trouve le canal de Petit qui entoure toute la circonférence du cristallin. Ce troisième feuillet est bien distinct de la membrane hyaloïde, qui se réfléchit sur lui et le recouvre en arrière; on a donné le nom de *canal de Hannover* à l'intervalle qui existe entre l'hyaloïde réfléchie et ce troisième feuillet dont nous venons de parler; le canal de Hannover est un espace très-étroit, circulaire comme le canal de Petit, en arrière duquel il serait placé.

La structure de ces diverses membranes est un objet de dissidence, et le désaccord existe principalement sur la nature du tissu dont est formé le ligament suspenseur. Hannover croit qu'il est formé de fibres élastiques, ondulées et irrégulièrement plissées. — Brücke et Nunneley admettent que c'est une membrane transparente et sans structure; les stries que l'on y rencontre seraient dues à une série de plicatures de cette membrane (2) — Le docteur Hjalmar Heiberg a représenté des *stries transversales* dans les fibres qui constituent le ligament suspenseur; il y aurait également rencontré quelques noyaux. Les fibres

(1) *Annales d'oculistique*, 4^e série, 1848.

Archives d'ophthalmologie de Graefe, 3^e fascicule, 1863.

qui forment la paroi postérieure du canal de Petit, seraient également *striées transversalement* et ne posséderaient pas de noyaux. Pour cet anatomiste, l'ensemble de ces fibres constitue un véritable muscle prenant ses insertions, en arrière sur le bord postérieur des procès ciliaires de la choroïde, en avant sur le cristallin. — L'action de ce muscle a pour effet d'allonger le diamètre équatorial du cristallin, en même temps qu'il attire la lentille en arrière. — Nous n'avons pas cru devoir passer sous silence l'observation et l'opinion de M. Heiberg sur la nature musculaire de quelques parties du ligament ciliaire ; mais en histologie, il faut toujours accepter avec réserve ce qu'un seul a vu, et attendre qu'une observation unique soit confirmée par d'autres avant de l'admettre définitivement.

B. Humeur vitrée.

La cavité circonscrite par la membrane hyaloïde est remplie par une humeur très-transparente, la *vitrine oculaire* de de Blainville, à réaction faiblement alcaline. Sa densité est de 1,005 ; son pouvoir réfringent de 1,339.

Sa composition chimique est la suivante d'après Lohmeyer.

Eau.	986,400
Chlorure de sodium.	7,757
— de potassium.	0,603
Sulfate de potasse.	0,148
Phosphate de chaux.	0,101
— de magnésie.	0,032
Carbonate de chaux.	0,133

Principes extractifs et urée .	3,224
Substance filamenteuse. . . .	0,210
Albumine sèche.	1,360

La consistance de l'humeur vitrée est plus grande dans le jeune âge qu'au déclin de la vie, où cette humeur est presque fluide. — Sous l'influence de certains sels minéraux et particulièrement des sels de plomb concentrés, ce liquide se coagule, et son aspect devient fibrillaire et lamelleux, sa consistance est alors assez grande pour qu'on en puisse faire des coupes et les étudier au microscope. On croit y voir alors des couches superposées, mais Bowman a montré, comme nous l'avons vu, que ces couches ne sont point fixées par des lamelles intérieures de cloisonnement.

La saveur de l'humeur hyaloïde est légèrement salée. — Sa transparence est complète et offre un léger reflet bleuâtre.

L'évaporation et le contact des corps poreux lui font perdre la plus grande partie de son eau.

Le corps vitré a-t-il une texture? — En examinant au microscope l'humeur vitrée, quelques auteurs allemands ont cru y reconnaître les caractères d'un tissu qu'ils ont rapproché du tissu lamineux du cordon ombilical sous le nom de *tissu conjonctif gélatineux* ou *tissu muqueux* (Virchow, Koelliker).

Coccius y décrit un épithélium pavimenteux tapissant des cloisons membraneuses.

C. Weber a vu des cellules spéciales anastomosées entre elles et portant sur les parties latérales des *appendices muqueux*.

Ivanof, de Moscou (1) décrit dans l'humeur vitrée trois

(1) *Archives d'ophthalm. de Graefe*, fascicule 1, 1865.

espèces de cellules : — La première espèce comprend des cellules rondes ou allongées ; elles seraient surtout embryonnaires. — A la seconde variété correspondent des cellules étoilées à deux ou trois noyaux, à plusieurs prolongements communiquant entre eux et avec des prolongements voisins. Sur les parties latérales de ces cellules, il existe de petits appendices vésiculeux indépendants les uns des autres. — Enfin, la troisième espèce de cellules contient dans sa cavité une vésicule qui a été découverte pour la première fois par Doukan. La vésicule possède une paroi propre ; entre cette paroi et la membrane de la cellule, il existe un espace circulaire où l'on trouve un contenu granulé. Il n'est pas rare de rencontrer dans une cellule, deux, trois vésicules, exceptionnellement un plus grand nombre. Ces dernières cellules occupent de préférence le centre du corps vitré, et elles dérivent, ainsi que les cellules étoilées, des cellules de la première espèce.

Pour M. Robin, qui range avec raison l'humeur vitrée parmi les *humeurs* et non parmi les *tissus*, on trouve normalement dans ce liquide, des *leucocytes* à l'état de liberté. Ces leucocytes sont souvent creusés de vacuoles. et occupent plus particulièrement la périphérie de cette humeur. Nous pensons que les auteurs qui ont cru à une trame dans le corps vitré, ont pris souvent pour des éléments anatomiques nouveaux ces globules blancs dont ils n'avaient pas suivi les diverses altérations et les expansions sarcodiques.

Des *cristaux de cholestérine*, isolés ou agglomérés en paillettes, peuvent être accidentellement observés dans l'humeur vitrée. Ils proviennent du cristallin cataracté, dont la capsule, en se rompant, a laissé échapper son con-

tenu qui compte la cholestérine parmi les principes immédiats qui le composent.

Les corps fibro-plastiques décrits dans l'humeur vitrée par Virchow et Kœlliker proviennent probablement de trabécules assez rares reliant entre elles les subdivisions capillaires de l'artère hyaloïdienne qui se répandent dans le corps vitré chez le fœtus (1).

La fluidification pathologique de l'humeur vitrée s'observe dans plusieurs affections du globe de l'œil, particulièrement « dans quelques cas de tumeurs qui partent de la choroïde ou de la rétine pour s'avancer au sein de l'humeur vitrée, comme aussi dans plusieurs autres circonstances morbides. On trouve parfois alors dans ce liquide des corpuscules flottants, composés de flocons de substances organiques coagulées, finement striées et grenues, englobant ou non des leucocytes, qui souvent sont hypertrophiés et granuleux. Des flocons de ce genre peuvent exister à la suite de choroïdites et de rétinites, sans que l'humeur vitrée soit ainsi ramollie ou fluidifiée » (2).

On a cherché à savoir, dans ces dernières années, si le pus pouvait se produire dans le corps vitré. Comme il est très-rare qu'on ait l'occasion de vérifier par l'autopsie les altérations primitives survenues dans ce milieu, M. Donders (3) a fait l'expérience suivante : il traverse l'œil de part en part, par un fil de gomme élastique qu'il tend fortement et qu'il fait couper, au même instant, des deux côtés au ras de la sclérotique. Il trouva quelque temps après dans le corps vitré, des globules purulents accumulés surtout autour du corps étranger, en même temps

(1) Ch. Robin, *Traité des humeurs*, 1866, p. 255.

(2) *Loc. cit.*, p. 256.

(3) *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, p. 323; 1864.

que les éléments de la choroïde étaient tout à fait intacts, et il en conclut que le corps vitré pouvait supputer primitivement. Cette conclusion est logique, lorsque l'on a admis préalablement : 1° Que le corps vitré a une trame de corpuscules de tissu conjonctif; 2° Que le pus naît aux dépens de ces corpuscules, comme l'avancent certains auteurs allemands. — Pour nous qui n'admettons ni l'un ni l'autre de ces prémisses et qui pensons que le pus est caractérisé non pas par ses globules, mais par son sérum, nous expliquerions le fait de M. Donders par une hypergénèse de leucocytes qui se trouvent normalement en très-petite quantité dans le corps vitré, hypergénèse qui a pour cause l'ébranlement et le traumatisme produits par l'expérience même. Du reste, ces récentes expériences ont besoin d'être confirmées.

Leeuwenhoeck, dès 1674, avait signalé l'existence de corpuscules dans l'humeur vitrée : « Je remarquai, dit-il, dans l'humeur vitrée un plus grand nombre de globules que dans l'humeur aqueuse (1). »

Nous verrons comment ces corpuscules flottants servent à expliquer le phénomène des *mouches volantes*, lorsque nous étudierons les images endoscopiques.

(1) *Transactions philosoph.*, 1674. n° 107.

CHAPITRE III.

DU CRISTALLIN.

Par ses caractères physiques, le cristallin constitue le milieu réfringent le plus important de l'œil ; ses caractères organiques montrent dans sa constitution deux parties, une enveloppe et un contenu ou tissu propre ; ses caractères physiologiques donnent lieu aux considérations les plus importantes sur la pathogénie de ses altérations, et sur ses opacités. Pourtant nous ne nous étendrons pas beaucoup sur aucun d'eux, parce que les propriétés physiques seront nécessairement reprises dans l'optique physiologique de ce travail ; que la texture, connue de nos jours d'une manière assez satisfaisante, ne donne pas lieu à beaucoup de discussions ; et que nous n'avons pas à faire l'anatomie pathologique du cristallin.

CARACTÈRES PHYSIQUES.

Le cristallin est *situé* en avant du corps vitré, en arrière de l'humeur aqueuse et de l'iris. Ces deux humeurs ne pourraient le garantir des déplacements, s'il n'était maintenu dans une position très-fixe par le ligament qui fait partie de la zone de Zinn.

La *forme* du cristallin est celle d'une lentille biconvexe, dont la face postérieure est plus bombée que l'antérieure.

La ligne qui réunirait les deux pôles de ces faces, mesure l'*épaisseur* du cristallin ; elle est de 4 à 5 millimètres $\frac{1}{4}$; mais dans quelques cas exceptionnels elle peut acquérir une longueur de 6 à 6 millimètres $\frac{3}{4}$, ainsi que Petit, Huschke et Krause en ont cité des exemples.

Sur le cadavre, l'épaisseur du cristallin est plus considérable que sur le vivant, sans doute parce qu'il se gonfle par osmose aux dépens des humeurs de l'œil. Cette épaisseur est d'ailleurs indépendante de l'âge.

Le *diamètre* de la circonférence ou de l'équateur du cristallin est, d'après les tables données par Petit et les recherches de M. Sappey, de 9 à 10 millimètres. Ce diamètre est beaucoup plus court dans les premiers temps du développement ; et comme l'épaisseur du cristallin est à peu près ce qu'elle sera dans le reste de la vie, il en résulte que, vers le septième mois, le cristallin est presque sphérique. A la naissance il mesure 7 millimètres environ ; ensuite, il croît d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement jusqu'à ce qu'il ait atteint sa longueur définitive, vers l'époque de la puberté.

Le *poids moyen* du cristallin est de 218 milligrammes ; ce résultat a été obtenu par M. Sappey en prenant la moyenne des poids de 11 cristallins.

La *consistance* du cristallin augmente avec l'âge et avec les différents points de son épaisseur. — D'une grande mollesse et presque diffluent chez le fœtus et chez l'enfant, il devient un peu plus consistant à mesure que ses éléments se développent : de 15 à 20 ans son tissu est assez consistant, et cette consistance va en augmentant jusqu'à l'âge le plus avancé où il devient d'une dureté quelquefois très-grande. — Les couches superficielles restent toujours plus molles. — A tout âge, on trouve que la consistance augmente, à mesure qu'on pénètre vers le centre de l'organe, qui a reçu le nom de *noyau*. — Cette consistance, ferme au centre, décroissante vers la superficie, est un fait capital à noter, car il nous expliquera comment ce tissu, renfermé dans une enveloppe, peut changer de forme sous la pression des muscles accommodateurs.

La *densité* du cristallin est de 1,079 suivant Chénevix.

Sa *transparence* est une de ses propriétés physiques les plus importantes. Dans la jeunesse, cette transparence paraît parfaite avec un éclairage ordinaire, mais, de même que pour la cornée, Helmholtz a remarqué qu'en l'éclairant d'une manière très-vive au moyen d'une loupe, sa substance devenait un peu trouble, parce que, sans doute, les éléments figurés qui entrent dans sa texture réfléchissent une partie de cette vive lumière. — A partir de 30 ans, les éléments du cristallin ont acquis assez d'opacité pour qu'on n'ait pas besoin d'une vive lumière pour constater ce phénomène. — Quelques années plus tard le cristallin ne tarde pas à présenter à son centre une teinte jaune paille, facile à constater quand on l'examine sur un fond blanc. — Avec l'âge cette teinte s'étend insensiblement du centre à la circonférence : — à soixante ou quatre-vingts ans, le cristallin ressemble à un morceau d'ambre jaune bien transparent, selon la comparaison de Petit. — Zinn a avancé (et on l'a répété bien souvent après lui) que le cristallin avait une teinte rougeâtre chez le fœtus, teinte que l'on croyait produite par des vaisseaux sanguins qui pénétreraient son tissu dans les premiers temps de la vie. Nous verrons que les vaisseaux ne pénètrent dans l'intérieur du cristallin à aucune époque de l'existence ; que sa substance ne jouit à aucune époque d'une limpidité plus grande que chez le fœtus ; si donc on lui trouve des reflets rougeâtres pendant la vie intra-utérine, ils sont dus aux vaisseaux qui rampent sur son enveloppe, jamais à des globules rouges qui circuleraient dans sa substance.

Le cristallin est *fluorescent* ; il jouit de la propriété d'arrêter les rayons chimiques ultra-violets, ainsi que

M. Regnauld (1) l'a constaté par expérience. D'après ce physicien, le cristallin jouerait le rôle d'un véritable écran, infranchissable aux rayons purement chimiques qu'il considère comme inutiles à la vision et redoutables pour la rétine. Mais ainsi que le fait remarquer M. Giraud-Teulon (2) et que le donnent à penser les expériences de Groves, il est possible que les rayons chimiques du spectre solaire jouent un certain rôle dans la perception des images rétinienne. Donders a prouvé par expérience que la partie du spectre qui est au-delà du violet, agit sur la solution de sulfate de quinine même après qu'elle a traversé les milieux de l'œil. Il en résulte donc que les rayons chimiques ne sont pas arrêtés entièrement par la fluorescence de ces milieux. Néanmoins, le fait de la fluorescence du cristallin est intéressant à constater surtout en présence des troubles de la vision que M. Foucault a signalés après l'usage prolongé de la lumière électrique, si riche, comme on sait, en rayons violets et ultra-violets.

D'après M. Janssen (3), une fraction extrêmement faible des rayons calorifiques qui accompagnent les rayons lumineux, parviendrait au cristallin, la cornée et l'humeur aqueuse en absorbant la presque totalité.

Le cristallin *réfracte* la lumière d'une manière énergétique; mais il ne la réfracte pas d'une manière égale dans tous les points; nous avons déjà vu que les caractères physiques de cet organe diffèrent dans ses couches superficielles et dans son centre; nous allons voir que sa texture diffère aussi dans les mêmes points. Ces deux

(1) Voir *Gazette médicale*, p. 37 ; 1859.

(2) *De la vision binoculaire*, p. 53 ; Paris, 1861.

(3) *Ann. de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. 60.— 1860.

causes nous font comprendre *a priori* la possibilité d'une réfraction différente aux bords et au milieu. D'après Krause, l'indice de réfraction moyen est :

pour la couche extérieure. . .	1,4053
» la couche moyenne. . .	1,4294
» le noyau.	1,4541
» toutes les couches . . .	1,4296

Il est plus faible que l'indice de réfraction total et réel, évalué par Senff à 1,539, et par Helmholtz à 1,4414 minimum, et 1,4519 maximum (voy. p. 81.)

Les *caractères chimiques* du cristallin seront nécessairement étudiés avec ceux de sa capsule et de son tissu propre. Nous ne voulons mentionner ici que la curieuse réaction que M. Sappey a signalée, lorsqu'on fait agir en même temps sur lui l'alcool et l'acide nitrique. On voit d'abord quelques petites bulles gazeuses se dégager de la surface du cristallin, puis au bout d'un temps qui varie suivant la concentration de l'acide, une violente effervescence se produit, des vapeurs nitreuses se dégagent en abondance, et le cristallin se dissout complètement (1). Il paraît que tous les corps dont l'albumine forme la base, présentent cette réaction.

CARACTÈRES ORGANIQUES OU TEXTURE.

Le cristallin est composé de deux parties : une enveloppe ou *capsule* ; et un tissu propre ou *tissu cristallinien*. La réunion de ces deux parties forme ce qu'on appelle le *système cristallinien*.

A. — *Capsule du cristallin.*

La capsule est une membrane d'une transparence parfaite, qui forme autour du tissu propre une enveloppe pro-

(1) *Anatomie descriptive*, t. II, p. 678.

ectrice continue, sans ouverture, et dont les relations avec les parties voisines sont celles que nous avons décrites à propos de la zone de Zinn. La portion située au devant de l'équateur du cristallin porte le nom de *cristalloïde antérieure*; on appelle *cristalloïde postérieure* la partie située en arrière de cet équateur.

Elle est d'une extrême minceur qui l'a fait désigner sous le nom de *membrane arachnoïde*. Toutefois, cette minceur n'est pas égale dans tous ses points; à partir de l'endroit où elle reçoit l'insertion de la zone de Zinn, c'est-à-dire à une petite distance du bord du cristallin, la capsule antérieure s'épaissit un peu: à la circonférence son épaisseur est de $0^{\text{mm}},005$ chez le nouveau-né, et de $0^{\text{mm}},007$ chez l'adulte; au centre elle est de $0^{\text{mm}},012$ chez le premier, et de $0^{\text{mm}},016$ chez le second (1). La cristalloïde postérieure non-seulement est plus mince que l'antérieure ($0^{\text{mm}},008$), mais, à l'opposé de celle-ci, elle acquiert au pôle postérieur sa plus grande minceur.

Malgré cette ténuité, la capsule résiste relativement avec une grande énergie aux agents mécaniques qui tendent à déplacer le système cristallinien; mais sa résistance n'est pas assez grande pour que le cristallin et sa capsule puissent être abaissés en masse.

Pour cela, il faudrait détruire les connexions de la capsule avec la zone de Zinn, ou déchirer celle-ci; et comme elle est bien autrement solide et résistante que la cristalloïde, c'est la cristalloïde qui se rompt dans l'immense majorité des cas. M. Gosselin a souvent cherché sur le cadavre à obtenir l'abaissement en masse; jamais il n'y est parvenu, et il regarde cet abaissement comme à peu près

(1) Chez un homme de 72 ans, cette augmentation de la capsule en avant, atteignait $0^{\text{mm}},06$, d'après Kœlliker.

impossible. Dans ses expériences, les capsules antérieure et postérieure étaient largement ouvertes, quelquefois simplement en travers, d'autres fois divisées en lambeaux qui se repliaient vers la circonférence; de manière que la surface interne devint externe; la circonférence demeurait en place, d'ailleurs, conservant ses connexions avec la zone ciliaire (1).

La capsule du cristallin est *très-peu élastique*; et l'expérience même instituée par Bowman (2) pour montrer cette élasticité le prouve : il plonge dans l'eau un cristallin enveloppé dans sa capsule intacte; le liquide pénètre par osmose, et gonfle seulement un peu le tissu propre. Si l'on pratique une piqûre sur ce cristallin gonflé, l'eau s'échappe par un jet avec violence. Il nous semble que dans cette expérience le trait le plus saillant est la résistance considérable et bientôt invincible que la capsule oppose au pouvoir osmotique du tissu cristallinien.

La propriété la plus remarquable de la capsule est sans contredit sa parfaite et inaltérable transparence; alors que l'opacité du tissu cristallinien devient complète par son immersion dans l'eau bouillante, dans les acides minéraux concentrés, ou dans des solutions caustiques de potasse, de soude ou d'ammoniaque, elle reste intacte; et les altérations morbides qui produisent la cataracte ne l'atteignent que très rarement.

Il faut en excepter toutefois certaines altérations qui se produiraient dans une variété de cataracte capsulaire, décrite par M. Robin sous le nom de cataracte crayeuse. A côté des plaques crayeuses visibles à l'œil nu, qui constituent cette forme de la cataracte, M. Robin a vu la sur-

* (1) *Mém. de la Soc. de chirurg.*, t. I.

(2) *Annales d'oculistique*, 5^e série, t. XXIX; 1853.

face de la capsule se recouvrir de bosselures élevées, demi-cylindriques, bizarrement contournées, formées aux dépens du tissu même de la capsule, et remplies par des granulations moléculaires (1).

Structure. — Soumise à l'examen microscopique, elle n'offre dans sa structure aucune fibre, aucune granulation. Elle se plisse facilement en raison de sa minceur; elle résiste énergiquement à la dilacération, et quand l'effort surpasse sa résistance, elle se casse en morceaux comme une lame de verre ou de cristal parfaitement poli. Aucun des milieux de l'œil ne présente plus d'homogénéité et de transparence. — Si on ajoute à la préparation des acides minéraux concentrés, on la voit se crispier et s'agiter sans perdre sa transparence, jusqu'à ce qu'elle soit complètement désorganisée. — D'après Kœlliker chez certains gros animaux, elle a une stratification lamelleuse.

La face interne de la cristalloïde antérieure est tapissée par une couche d'épithélium pavimenteux. — La cristalloïde postérieure en est dépourvue.



Fig. 4.

Cellules d'épithélium pavimenteux sur un lambeau de la face postérieure de la cristalloïde antérieure.

Pour M. Robin, il n'existe qu'une couche de cellules très-régulièrement polyédriques, larges de $0^{\text{mm}},012$ à $0^{\text{mm}},015$, finement granuleuses et pourvues d'un noyau sphérique

(1) Mémoire sur l'anatomie pathologique des diverses espèces de cataractes, par M. Ch. Robin.

ou ovoïde, habituellement sans nucléole; elles seraient analogues à celles qui tapissent la face postérieure de la membrane de Descemet. Telle est aussi l'opinion de Kœlliker, qui ajoute que chez l'embryon il y aurait plusieurs couches de cellules, et après la naissance une seule.

Les cellules qui constituent cet épithélium ne présentent pas la même disposition sur la partie médiane et sur les parties latérales, vers les insertions de la zone de Zinn.

D'après M. de Becker, au niveau de l'insertion de la zone de Zinn, on ne rencontrerait sur la face postérieure de la cristalloïde antérieure que des noyaux pressés les uns contre les autres; plus avant apparaîtraient des cellules très jeunes, destinées à subir certaines modifications ultérieures; vers le pôle, on rencontrerait l'épithélium pavimenteux. Enfin à l'équateur les cellules seraient plus petites, rondes et déjà en relation avec les fibres propres du cristallin.

B. — *Tissu cristallinien.*

Si l'on examine le cristallin dépourvu de sa capsle, particulièrement sur de très jeunes enfants, on ne tarde pas à voir se dessiner au milieu de la transparence générale de la lentille, de petites lignes plus claires, plus transparentes qui affectent une disposition toute spéciale. Ces espaces plus clairs dessinent deux *étoiles*; chacune d'elles est formée par *trois rayons*, qui se réunissent en convergeant aux pôles de la lentille, sous un angle de 120° ; mais la direction des rayons est inverse sur l'une et l'autre face du cristallin, c'est-à-dire que, sur la face antérieure, le rayon vertical se dirige en haut, tandis que sa direction est en bas sur la face postérieure;

il semblerait que l'une des figures a tourné par rapport à l'autre de 60 degrés. — Au dire de Bowman, les rayons qui forment chaque étoile se bifurqueraient fréquemment chez l'adulte ; et Hannover aurait rencontré un cas anormal où le centre de chaque étoile ne correspondait pas exactement aux pôles de la lentille.

Par cette disposition, le cristallin se trouve divisé en un certain nombre de segments, formés eux-mêmes par la superposition de lamelles, et ces lamelles sont constituées par deux éléments spéciaux, qui sont des *fibres* et des *cellules cristalliniennes*.

Cellules cristalliniennes. — Ces cellules sont souvent appelées *cellules de l'humeur de Morgagni, globuli lentis*.

Elles se trouvent immédiatement en contact avec la face interne de la capsule, et constituent la couche molle et d'aspect gommeux de la surface antérieure du cristallin. On sait que Morgagni (1719), avait pris cette couche pour un liquide et considérait le noyau du cristallin comme baigné dans une humeur (1). — Elles forment au niveau

(1) Les recherches micrographiques ont permis d'établir que l'humeur de Morgagni n'existe pas pendant la vie, qu'elle ne se forme qu'un certain temps après la mort, etc. Elle n'est pas le résultat de la pénétration par endosmose, de l'humeur aqueuse ou de l'humeur vitrée, au travers de la cristalloïde ; elle est due à une altération des cellules. M. Robin a vu en effet, en même temps que les parois des cellules se détruisaient, se former à leur place des gouttes claires, limpides, de teinte quelquefois rosée, et dont le volume dépasse souvent beaucoup celui des cellules aux dépens desquelles ces gouttes se sont produites. Ces gouttes nagent dans un liquide incolore à peine granuleux. Des gouttes pareilles peuvent d'ailleurs se produire aux dépens des éléments contenus dans les tubes du cristallin ; c'est par leur agglomération que se trouve formée l'humeur de Morgagni.

de chaque pôle un groupe considérable, d'où elles s'étendent par traînées entre les méridiens de l'organe : au niveau du pôle antérieur du cristallin, elles forment, par leur accumulation, le quart de l'épaisseur totale de cette lentille ; au niveau de son pôle postérieur, elles ne forment que le sixième ou le huitième de cette épaisseur.

Les cellules du cristallin ont un diamètre de 0^{mm},05 à 0^{mm},06. Elles sont polyédriques par pression réciproque, mais dès qu'on les isole, elles prennent une forme sphérique, et se gonflent en absorbant l'eau distillée de la préparation. Elles sont remarquables par la netteté de leurs contours et par leur transparence extrême. Après la mort, elles s'altèrent avec une grande rapidité, se liquéfient, se déforment et présentent des gouttes sarcoïdiques.

Leur résistance aux agents chimiques est très-faible. L'acide chlorhydrique étendu, l'alcool, etc., coagulent leur contenu ; elles deviennent alors résistantes, opaques, assez dures, et peuvent être facilement étudiées. Il n'est pas rare de les voir acquérir, sous certaines influences morbides, une dureté analogue à celle que leur donnent les acides ; leur contenu s'est alors chargé de granulations opaques qui réfléchissent la lumière : c'est là une des causes les plus fréquentes de la cataracte. D'autres fois, ces cellules se liquéfient et se transforment en un liquide plus ou moins trouble, dans lequel flotte le noyau devenu opaque ; c'est là une variété de la cataracte liquide qui présente ordinairement une teinte opaline ou laiteuse.

Sous le rapport de leur structure, les cellules cristalliniennes présenteraient une enveloppe et un contenu, distinct de la paroi, formé par une substance albumineuse, ès-dense, visqueuse et réfractant fortement la lumière.

Un noyau avec un ou deux nucléoles paraît renfermé dans cette substance; il ne se développerait que postérieurement à la cellule.

La juxtaposition de ces cellules, peut-être par l'intermédiaire d'une substance amorphe indéterminée, constitue toute la texture des couches superficielles du cristallin.

Fibres du cristallin. — Les fibres du cristallin sont de deux espèces : les *fibres nucléées* et les *fibres dentelées*.

a. Les *fibres nucléées*, encore appelées *fibres à noyaux* ou *tubes du cristallin*, sont des éléments anatomiques qui n'ont pas la forme d'une *fibre*, mais celle d'un *tube*; en sorte que le nom le plus exact qu'on puisse leur donner est celui de *tubes à noyaux du cristallin*.

Ces tubes sont situés au-dessous de l'humeur de Morgagni, formant la partie superficielle du noyau. Leur forme est polyédrique par juxtaposition et pression réciproque, aplatie dans un sens, de manière à présenter une largeur (de 0^{mm},02 à 0^{mm},03) deux fois plus grande que leur épaisseur. Leur longueur sera facilement appréciée quand nous parlerons de leur arrangement dans le cristallin. Leurs bords sont nets et réguliers. Leur transparence est comparable à celle des cellules.

Comme ces dernières, ils deviennent plus foncés et plus distincts sous l'influence de tous les réactifs qui coagulent l'albumine. Les alcalis caustiques les dissolvent, et l'acide acétique les altère promptement.

Leur structure présente à considérer *leur paroi*, d'une minceur et d'une délicatesse extrêmes, quelques noyaux disposés çà et là dans l'épaisseur de celle-ci, et un contenu d'une substance albumineuse, visqueuse, analogue à celle que renferment les cellules des couches superficielles. Pendant les dilacérations, ce contenu s'échappe

du tube sous forme de gouttes transparentes, qui laissent ça et là la cavité du tube vide de son contenu. Des altérations semblables à celles qui envahissent le contenu des cellules du cristallin se montrent dans celui des tubes, et concourent à produire certaines cataractes.

Il est probable que les tubes à noyaux sont formés par les cellules qui s'allongent et se soudent les unes au bout des autres; les cloisons qui résultent de ces juxtapositions se résorbent, et le tube est formé (1).

b. Les fibres dentelées forment le noyau de la lentille. — Ce sont de véritables fibres, sans contenu distinct de la paroi. — Elles sont très-régulièrement prismatiques, plus minces et plus denses que les précédentes. Leurs bords présentent de légères dentelures qui s'engrènent avec celles des bords voisins, d'où une cohésion et une dureté plus considérables de la substance du noyau cristallinien. — Elles sont d'une extrême transparence chez l'enfant, et réfractent énergiquement la lumière. — Les réactifs acides les rendent grenues et les alcalis les dissolvent; mais elles résistent mieux à leur influence que les tubes.

Leur structure est complètement homogène; aucun noyau n'existe dans leur substance.

Dérivent-elles des tubes, comme ceux-ci dérivent des cellules? Plusieurs auteurs le soutiennent; s'il n'en est pas ainsi, on ignore complètement quel est leur mode de formation.

Leurs altérations morbides sont beaucoup plus rares que celle des cellules et des tubes, si bien que les cataractes débutant par le noyau ont été niées. A l'état physio-

(1) Programme du cours d'histologie, par M. Ch. Robin, p. 63; Paris, 1864.

logique, elles subissent des modifications qui les rendent plus dures, un peu granuleuses, et d'une teinte jaunâtre ; ces modifications commencent à apparaître au début de l'âge mûr, s'exagèrent dans la vieillesse, de manière à produire une opacité véritablement morbide.

Arrangement des fibres dans les segments du noyau cristallinien.

La disposition des fibres dans l'épaisseur du cristallin a excité la sagacité des anatomistes depuis Leeuwenhoëck qui, le premier, a cherché à élucider ce point encore obscur. Partant de ce fait que les trois méridiens que l'on remarque sur chaque face ne se correspondent pas, Leeuwenhoëck conclut que l'on pouvait considérer chaque moitié de la lentille comme subdivisée en trois segments, par les plans qui passent par ces méridiens. Les fibres de chaque segment se portent toutes de l'équateur vers le pôle, mais tandis que les fibres de la partie moyenne du segment atteignent seules la région polaire, les fibres situées à droite et à gauche s'infléchissent vers les méridiens correspondants, où elles semblent se perdre dans le groupe de cellules que l'on y rencontre. — Si l'on cherche à étudier le trajet de ces fibres en passant d'une face de la lentille à l'autre, on reconnaît avec M. Sappey que le trajet qu'elles décrivent sur une face est toujours en raison inverse de celui qu'elles parcourent sur l'autre ; c'est-à-dire que si l'on prend par exemple une fibre, venue de l'extrémité supérieure du méridien vertical antérieur, cette fibre se rend sur l'extrémité inférieure d'un méridien vertical postérieur. Mais hâtons-nous de dire que cette disposition est bien plus compliquée chez l'adulte, car les segments se multiplient, ainsi que nous l'avons déjà dit.

M. de Becker (1), dans un récent mémoire, a émis l'opinion que les espaces clairs qui constituent les deux étoiles du cristallin et où se terminent ses fibres, sont remplis par un liquide d'un pouvoir réfringent égal à celui des fibres. Lorsqu'on vient à coaguler ce liquide par des réactifs, son pouvoir réfringent diffère de celui des fibres, et alors on voit qu'il ne remplit pas seulement les espaces des étoiles, mais qu'il s'insinue, entre les fibres, dans de petits canaux, qui permettraient sa circulation dans l'intérieur de toute la lentille, depuis ses couches les plus superficielles jusqu'à son centre. — M. de Becker a supposé que la présence de ce liquide devait avoir une grande importance dans les changements de forme de la lentille cristallinienne.

Moyens d'étude.

La capsule de cristallin doit s'étudier dans l'humeur vitrée. On voit facilement avec de faibles grossissements et un champ peu éclairé les plis qu'elle forme.

Avec des objectifs plus forts, on reconnaît sa structure homogène et l'épithélium pavimenteux de sa face antérieure. L'addition de rouge d'alinine lui donne une coloration très-favorable à l'examen.

Pour le cristallin lui-même nous recommandons la macération dans l'acide sulfurique très-étendu (4 gouttes pour 30 grammes d'eau) qui isole parfaitement les fibres. Les tubes du cristallin et les noyaux de la zone équatoriale se montrent alors facilement.

Le cristallin convenablement durci à l'air peut donner en divers sens des coupes très-instructives.

(1) *Untersuchungen über den Bau der Linse*, dans les *Archives de Græfe*, 1863, p. 1.

Frey recommande, avant de dessécher le cristallin, de le baigner dans un mélange épais de gomme et d'un peu de glycérine.

Pour faire des recherches sur le développement du cristallin et de l'œil en général, on fait durcir des embryons d'hommes et de mammifères dans l'acide chromique, et non dans l'alcool qui altère les tissus à l'état embryonnaire.

DÉVELOPPEMENT.

Dans l'opinion la plus généralement admise, et soutenue par de Baer, Arnold, d'Ammon, Bischoff, etc., l'extrémité vésiculaire du cerveau se creuse par les progrès du développement de deux sillons transversaux, qui circonscrivent trois tubérosités. — Chacune d'elles produit bientôt deux bourgeonnements latéraux qui se pédiculisent et représentent la portion sensoriale des trois sens, de l'odorat, de la vue et de l'audition. — Le bourgeonnement moyen appartient à l'organe de la vue. Il se présente sous l'aspect d'une petite vésicule creuse dont le pédicule deviendra le nerf optique.

Cristallin. — Cette vésicule oculaire est d'abord immédiatement au-dessous du feuillet blastodermique externe, aux dépens duquel va se développer tout l'appareil dioptrique de l'œil. — Une dépression de ce feuillet se montre au devant de la vésicule oculaire, dépression qui, s'enfonçant de plus en plus, forme un petit canal ; ce canal, ou plutôt cette dépression tubuleuse du feuillet animal de l'embryon, s'oblitére pendant que le cristallin apparaît dans son extrémité profonde.

Ces observations, très-difficiles en raison de leur délicatesse, ne peuvent guère être faites que chez le poulet.

Il est fort probable que le développement de l'œil suit une marche analogue chez les mammifères supérieurs et chez l'homme. Pourtant Von Ammon n'a jamais pu constater *le fait de l'enfoncement* de la membrane blastodermique pour former le système cristallinien. Il n'a jamais pu introduire un mince cheveu dans ce prétendu enfoncement.

Quoi qu'il en soit, c'est immédiatement au devant de la vésicule nerveuse que se développe le cristallin.

La capsule du cristallin apparaît d'abord dans l'épaisseur du feuillet blastodermique. Sa forme est celle d'une petite lamelle, en rapport par sa face postérieure avec la vésicule oculaire, par sa face antérieure avec le canal soudé de la dépression blastodermique. Après son apparition, elle semble n'avoir qu'un seul feuillet. Celui-ci ne tarde pas à se dédoubler en deux membranes, entre lesquelles naît le tissu propre du cristallin.

Le dédoublement du feuillet primitivement unique de la capsule se fait d'abord vers le centre, sous forme d'une petite ampoule remplie aussitôt par la substance qui formera le cristallin. Cette ampoule s'accroît rapidement vers les bords, et dès ce moment on peut voir, à la face interne de la cristalloïde antérieure, une apparence d'épithélium.

L'âge précis de la vie intra-utérine où l'on voit naître le cristallin n'est pas connu ; dans tous les cas, c'est avant le deuxième mois, comme on pourra le conclure de deux observations de Ritter citées plus bas. — Quel est le mode de formation des cellules cristalliniennes ? On l'ignore. Quant aux fibres, on pense, comme nous l'avons déjà dit, qu'elles sont formées par les cellules soudées, et dont la substance et le contenu se seraient un peu modifiés.

La forme primitive du cristallin est celle d'un disque aplati. A la fin du second mois, sa forme est celle d'une sphère un peu aplatie en avant et un peu pointue en arrière. A cette époque, il remplit toute la cavité du globe oculaire.

Pendant cette évolution, la vésicule nerveuse est refoulée par l'accroissement rapide de la lentille située au devant d'elle. Son segment antérieur est de plus en plus déprimé par la face postérieure du cristallin. Le liquide qui remplissait sa cavité se résorbe de plus en plus. Il arrive enfin un moment où la face interne de son segment antérieur est devenue convexe, tandis que sa face externe appliquée sur le cristallin est devenue concave; puis le cristallin le repoussant toujours, il vient s'appliquer contre la concavité du segment postérieur. Le segment antérieur refoulé de la vésicule nerveuse, formera la *ré-tine*, tandis qu'aux dépens de son segment postérieur se développeront la choroïde, les procès ciliaires, le muscle ciliaire, et enfin l'iris.

Cornée. — La cornée est immédiatement appliquée sur la capsule antérieure du cristallin, et lui est adhérente vers son centre. Lorsqu'une humeur, qui n'est autre chose que l'humeur aqueuse, vient à s'accumuler entre ces deux membranes, ces adhérences sont rompues; il peut même en rester sur la cristalloïde des traces qui ont été considérées comme une des causes des images endoscopiques.

Artère capsulaire. — Quelle est l'époque à laquelle apparaissent les vaisseaux de l'œil? Nous ne saurions le dire d'une manière précise; mais nous pouvons avancer que cette apparition est très-hâtive sur la partie refoulée de la vésicule oculaire, qui va former la rétine.

Des rameaux multipliés de l'artère centrale de la rétine, s'épanouissent sur la face postérieure du cristallin, sans le toucher immédiatement; ils en sont momentanément écartés par une couche d'humeur vitrée qui commence à se produire.

A mesure que l'humeur vitrée se produit, elle écarte le cristallin de la rétine; l'artère centrale du cristallin s'allonge et prend le nom d'*artère capsulaire, hyaloïdienne* ou *vitrée*.

L'*artère capsulaire* vient s'appliquer sur le pôle postérieur du cristallin: là, elle se partage en trois ou quatre branches qui se subdivisent presque aussitôt, et dont les divisions se portent en divergeant du centre cristallinien vers la circonférence, à la manière de rayons peu réguliers et anastomosés entre eux. Parvenues à la circonférence de la lentille, toutes ces divisions descendent sur la face antérieure du cristallin, puis se réfléchissent au voisinage de son centre, pour pénétrer dans l'épaisseur d'une membrane qui s'est développée dans l'espace circonscrit par la face postérieure de la cornée et le cristallin. Cette membrane, appelée pupillaire, oblitère l'ouverture centrale de l'iris en voie de développement, et sépare l'espace que nous venons de mentionner en deux chambres. Les vaisseaux capsulaires traversent la chambre postérieure d'arrière en avant, et arrivés vers le centre de la membrane pupillaire se dirigent ensuite en rayonnant vers la petite circonférence de l'iris, où ils se jettent dans les veines de la choroïde.

Les artérioles de la capsule se prolongent-elles de celle-ci dans la substance propre du cristallin? — Ces prolongements n'ont jamais été directement observés.

L'artère capsulaire disparaît avec la membrane pupillaire à laquelle elle est destinée. Son existence est donc

essentiellement transitoire. Quelques mois après, on n'en retrouve plus le moindre vestige.

Humeur vitrée. — A la fin du troisième mois de la vie fœtale, on ne distingue pas encore l'humeur vitrée. Quoiqu'on ignore le mode de développement de la membrane hyaloïde, on sait, par les observations de M. Robin, que l'humeur vitrée, en s'accumulant dans son intérieur, ne la refoule pas contre l'artère capsulaire, de manière à former un *canal hyaloïdien*. J'ai constaté, dit-il, sur les yeux d'embryons, longs de 20, 26 et 30 millimètres, que la membrane hyaloïde se prolonge en arrière sur l'artère centrale de la rétine, qu'elle est appliquée contre elle, mais qu'elle disparaît insensiblement lorsque l'artère, atteignant le pôle postérieur de l'œil, envoie des vaisseaux au cristallin. Les artères capsulaires sont donc baignées directement par l'humeur aqueuse, et plus tard, il n'y a point de canal autour du tronc artériel.

L'humeur vitrée n'est point formée aux dépens d'un tissu conjonctif et dans la trame des éléments de ce tissu, comme l'ont pensé Virchow, Köelliker, etc.

Si dans les premiers temps de sa formation le microscope y fait découvrir quelques corps fusiformes, il faut bien savoir que les subdivisions capillaires de l'artère centrale de la rétine sont reliées entre elles par des trabécules représentées chacune par une ou deux fibres lamineuses encore à l'état de corps fibro-plastiques, fusiformes ou étoilés, dont les filaments adhèrent par leurs extrémités à deux capillaires voisins. M. Robin pense que ces fibres sont trop rares, trop écartées, pour qu'on puisse les regarder comme formant une membrane ou une trame dans

laquelle ramperaient les subdivisions cristalliniennes de l'artère centrale (1).

Je termine l'exposé de ces quelques faits sur le développement des milieux de l'œil, en résumant deux observations récentes, publiées par M. Ritter (2), sur le développement de ces organes.

1° L'auteur a pu examiner les yeux d'un embryon humain âgé de 10 semaines au plus, dont la portion sushombilicale mesurait 16 millimètres.

Le globe oculaire avait un diamètre de 1 millimètre. La sclérotique enveloppait complètement l'œil. A la partie antérieure, on voyait un point transparent, correspondant à la cornée. Autour de la circonférence de celle-ci, on voyait par transparence, à travers la sclérotique amincie, le pigment de la choroïde, au point où devaient se développer les procès ciliaires. Le cristallin, très-petit, était appliqué contre la face postérieure de la cornée et refoulait la vésicule oculaire. Une très-petite quantité d'humeur vitrée existait entre ces deux parties.

Dans la substance propre du cristallin, les cellules se disposaient déjà en faisceaux de tubes. — L'humeur vitrée renfermait déjà quelques vaisseaux dont les parois portaient des cellules fusiformes ; elle n'offrait pas d'autres éléments.

2° Dans un second cas, où l'embryon, plus jeune encore, ne mesurait que 9 millimètres, l'œil, visible seulement à la loupe, était représenté par un point rougeâtre, situé au devant de la vésicule cérébrale antérieure. Il n'y avait pas trace de cornée, ni de sclérotique et le bulbe ocu-

(1) *Traité des humeurs*, par M. Robin, 1866, p. 255.

(2) *Archiv für Ophthalm.*, t. X, 1^{re} série ; 1864.

laire se confondait sans limite avec les parties voisines.
— La cristallin était déjà reconnaissable ; il était formé par un prolongement du feuillet blastodermique externe, auquel il était lié par un pédicule. Le pédicule semblait imperforé. Le cristallin paraissait renfermer une petite cavité.
— Le corps vitré n'existait pas, le cristallin touchait immédiatement la rétine.

Résumé. — Voici en résumé l'idée que l'on peut se faire du développement des milieux réfringents de l'œil, dans l'état actuel de la science :

Le cristallin se développe au devant du prolongement vésiculeux de l'ampoule cérébrale antérieure qui formera la rétine et la choroïde. En grossissant, il refoule la vésicule de manière que son hémisphère postérieur en est coiffé. Sur son segment antérieur apparaissent la cornée et la sclérotique qui enveloppent bientôt tout l'organe.
— A cette époque, le cristallin remplit tout l'œil, et constitue presque entièrement sa masse.

Un peu plus tard, l'humeur aqueuse se développe entre son hémisphère antérieur et la cornée ; et, plus tard encore, cet espace est cloisonné par l'iris et la membrane pupillaire. — Entre son hémisphère postérieur et la rétine se forme l'humeur vitrée.

A ce degré, l'œil possède tous ses milieux réfringents ; désormais, leur développement aura pour but d'augmenter leur quantité relative, pendant que le cristallin change de forme. A six mois, il est sphérique ; à neuf mois, il commence à devenir lenticulaire.

Vers le septième ou le huitième mois, le voile formé par la membrane pupillaire se déchire au centre et disparaît ; après la naissance, rien n'empêche les rayons lumineux d'aller impressionner la rétine.

DEUXIÈME PARTIE

Physiologie.

CHAPITRE PREMIER.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE.

I. PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES MILIEUX RÉFRINGENTS.

Si, après avoir artificiellement séparé les milieux réfringents de l'œil pour leur étude anatomique, nous les réunissons dans leurs rapports naturels, nous obtenons une masse transparente qui remplit toute la coque formée par la sclérotique, la choroïde avec ses dépendances et la rétine. — C'est l'*appareil dioptrique de l'œil*.

Il a une forme semblable à celle du globe oculaire, — un volume presque égal au sien. — Nous avons vu que la transparence presque parfaite de ses parties n'est altérée par la présence d'aucun vaisseau, d'aucun nerf (si l'on excepte le léger réseau qui donne la sensibilité aux couches superficielles de la cornée) et que les éléments figurés qui entrent dans sa texture sont partout séparés par des substances organisées anhistes, dont la limpidité est si remarquable. — Constatons encore ici que ces différen-

tes parties, incompressibles et contenues dans une enveloppe inextensible, occupent les unes par rapport aux autres une situation fixe qui ne se dérange jamais à l'état physiologique.

Ce chapitre a surtout pour but de rapprocher les unes des autres les propriétés optiques des milieux réfringents de l'œil, c'est-à-dire les mesures de leurs dimensions, de leurs courbures, de leur pouvoir réfringent, toutes données sur lesquelles nous avons légèrement glissé dans la partie purement anatomique.

A. DIMENSIONS DES MILIEUX RÉFRINGENTS.

D'après Krause :

PARTIES MESURÉES.	œil n° 1.	œil n° 2.
Épaisseur dans le sens antéro-postérieur :		
Cornée transparente	1 ^{mm} , 1574	0 ^{mm} , 9259
Humeur aqueuse	2 , 5463	2 , 7778
Cristallin	7 , 1759	4 , 6296
Corps vitré	11 , 1111	15 , 3935
Membranes de la coque.	4 , 6204	1 , 5046
Épaisseur antéro-postérieure totale	23 ^{mm} , 6111	25 ^{mm} , 2314
— transversale totale.	25 , 0000	26 , 0416
— verticale totale.	23 , 3796	25 , 0000

D'après Listing, le diamètre antéro-postérieur des milieux réfringents est de 24 millimètres dans son œil schématique.

B. COURBURES.

Les milieux réfringents de l'œil ne sont pas rigoureusement des surfaces de révolution. Mais, dans la majorité des cas, on peut les considérer comme des surfaces sphériques et centrées.

Rayons de courbure de la corvée. D'après Vallée.

Courbure postérieure.	8 ^{mm} , 6806
Courbure antérieure.	10 ^{mm} , 0750

Par un calcul très-délicat, fondé sur la mensuration ophthalmométrique des rayons de courbures de la membrane, M. Helmholtz démontre, conformément à l'observation anatomique, que la cornée représenterait une lentille convexo-concave ou dispersive d'un très-long foyer ou d'une très-faible influence, à savoir : 8 *mètres* 70. — Nous pouvons donc admettre, sans erreur sensible, que les deux faces de cette membrane ont la même courbure, et, dès lors, nous sommes autorisés à considérer son action comme *négligeable* dans l'étude de la marche de la lumière à travers les milieux réfringents de l'œil.

Courbure du cristallin. — La courbure de chacune de ses faces est extrêmement difficile à déterminer. — Pour Kepler, la face antérieure est un segment de sphéroïde et la postérieure une section d'hyperbole. — Petit, qui partage l'opinion de Kepler sur la forme de la face antérieure, évalue le rayon de la sphère dont elle fait partie à 10 millimètres en moyenne. Pour le même auteur, la face postérieure est tantôt un segment de sphéroïde, dont il estime le rayon à 5 millimètres 1/2, tantôt une section de parabole. — M. Listing a admis 10 millimètres pour le rayon de la face antérieure, et 6 millimètres pour celui de la face postérieure.

C. — INDICES DE RÉFRACTION.

Tableau des indices de réfraction de l'œil humain (Helmholtz, p. 78)
n_o indique l'indice de réfraction de l'eau distillée, l'indice de réfraction de l'air étant pris pour unité.

OBSERVATEURS.	Cornée.	Humeur aqueuse	Corps vitré.	CRISTALLIN.		
				Couche extér.	Couche moy.	Noya u.
Chossat.	1,33	1,3366	1,339	1,338	1,0395	1,420
Brewster. <i>n_o</i> = 1,3358			1,3394	1,3767	1,3786	1,3839
W. Krause { <i>n_o</i> = 1,3342	Max. . .	1,3569	1,3557	1,3596	1,4743	1,4775
	Min. . .	1,3431	1,3349	1,3361	1,3431	1,3523
	Moy. . .	1,3507	1,3420	1,3485	1,4053	1,4294
Helmholtz <i>n_o</i> = 1,3354		1,3365	1,3382	1,4189		

Les faibles différences constatées expérimentalement entre les indices de réfraction de la cornée et ceux de l'humeur aqueuse nous autorisent à considérer ces deux milieux comme *optiquement* identiques. Avec Helmholtz nous négligerons complètement la cornée elle-même.

Ce tableau nous montre encore que l'indice de réfraction du corps vitré est sensiblement le même que celui de l'humeur aqueuse. En réalité le cristallin est donc une lentille précédée et suivie de deux milieux optiquement identiques.

Nous avons vu que le cristallin est formé par l'accolement de couches emboîtées. L'indice de réfraction de ces couches croît de la surface au centre. Mais, pour simplifier la théorie de l'œil, on peut le considérer comme une lentille homogène de même épaisseur, de même courbure et

d'un indice de réfraction uniforme dans toute son épaisseur. Helmholtz (1) a démontré qu'il résultait de la *conformation* du cristallin que sa *vraie* distance focale est *plus petite* que s'il avait dans toute son épaisseur le même indice de réfraction que son noyau. Donc, pour que la lentille homogène, de même forme et de même épaisseur, par laquelle on remplace le cristallin, ait la même distance focale que lui, il faut nécessairement donner à cette lentille un indice de réfraction *plus grand* que celui de son noyau. L'indice de réfraction qu'il faut donner à cette lentille fictive pour ne pas altérer la distance focale, a été appelée par Senff *indice total* ; il ne faut pas le confondre avec l'*indice moyen* qui est la moyenne des indices de toutes les couches. Senff avait trouvé pour cet indice de réfraction total 1,539. D'après les expériences d'Helmholtz cet *indice total* varie entre 1,4414 et 1,4519. (Il n'a expérimenté que sur deux yeux.)

Les milieux réfringents doivent donc être considérés comme un appareil dioptrique à trois surfaces réfringentes : la face antérieure de la cornée et les deux faces du cristallin. — La lumière avant d'arriver à la rétine traverse en réalité trois milieux, l'air, la cornée, qui avec l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée ne forme optiquement qu'un même milieu, et enfin le cristallin qui sépare l'humeur aqueuse de l'humeur vitrée.

Dans un appareil de ce genre, d'après la théorie de Gauss, complétée par M. Listing, nous avons à considérer *six points* appelés *cardinaux*, situés sur l'axe de l'œil, et *quatre plans* perpendiculaires à cet axe.

Les six points cardinaux sont : les *deux foyers principaux*, les *deux points principaux* et les *deux points nodaux*.

(1) *Physiolog. Optik*, p. 72.

Définitions. — Le *premier foyer principal* est le point *réel* ou *virtuel* où doivent se croiser les rayons incidents pour que les rayons émergents correspondants soient parallèles à l'axe principal. — Le *second foyer principal* est le point d'entre-croisement *réel* ou *virtuel* des rayons émergents, lorsque les rayons incidents sont parallèles à l'axe principal.

Les *points principaux* jouissent de la propriété suivante : lorsqu'un rayon incident, prolongé s'il le faut, passe par le *premier point principal*, le rayon émergent correspondant, ou son prolongement, passe par le *second point principal*, mais le rayon incident et le rayon émergent *ne sont pas parallèles*.

Les *points nodaux* sont deux points de l'axe principal, tels que, si un rayon incident ou son prolongement passe par le *premier point nodal*, le rayon émergent correspondant se confond avec une ligne droite *parallèle* au rayon incident menée par le *second point nodal*. Ces deux rayons parallèles, l'un incident, l'autre émergent, s'appellent *lignes de direction*, et jouent dans les appareils dioptriques le même rôle que les axes secondaires des miroirs courbes.

Les quatre plans perpendiculaires à l'axe principal, que présente à considérer tout appareil dioptrique, sont : les *deux plans focaux* et les *deux plans principaux*.

Les *plans focaux* passent par les foyers principaux. Le premier plan focal jouit de cette propriété que, lorsqu'un point lumineux est placé sur ce plan, les rayons émergents du cristallin marchent dans l'humeur vitrée, suivant des droites parallèles entre elles et à la ligne de direction qui joint le point lumineux au premier point nodal. Lorsque les rayons incidents sont parallèles entre eux, ils émergent du cristallin et marchent dans l'hu-

meur vitrée, suivant des droites qui concourent toutes sur le *second plan focal* au point où ce plan est percé par la ligne de direction parallèle aux rayons incidents menés par le *second point nodal*.

Les *plans principaux* passent par les points principaux et jouissent de la propriété suivante : si, par le point où un rayon incident quelconque ou son prolongement perce le *premier plan principal*, on mène une parallèle à l'axe principal, le point où cette droite perce le *second plan principal* est nécessairement sur le trajet du rayon émergent correspondant ou sur son prolongement. En d'autres termes, les directions d'un rayon incident quelconque et du rayon émergent correspondant percent le *premier* et le *second plan principal* en deux points situés du même côté et à la même distance de l'axe principal du système.

La *première distance focale* est l'intervalle qui sépare le *premier point principal* du *premier foyer principal*. La *seconde distance focale* est l'intervalle qui sépare le *second point principal* du *second foyer principal*.

On appelle *homocentriques* les rayons lumineux dont les directions passent toutes par un même point de l'espace. Quand il s'agit des rayons incidents, ce point de croisement prend la dénomination de *point lumineux*. On donne le nom de *foyer* au point de croisement des rayons émergents de l'appareil dioptrique.

On démontre en optique que tout appareil dioptrique jouit de la propriété suivante : à tout faisceau incident homocentrique correspond un faisceau réfracté également homocentrique.

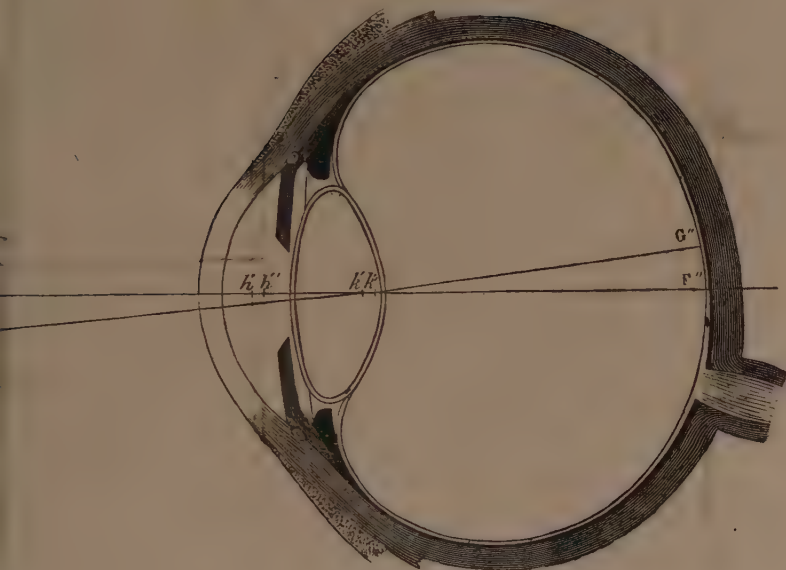
OEil schématique de Listing.— D'après ces données, Listing a entrepris la construction d'un *œil schématique* ou *œil type*, construction fondée sur certaines valeurs moyen-

nes des indices de réfraction des courbures et des dimensions de l'œil, qu'il nomme *constants optiques de l'œil*.

ÉLÉMENTS DE L'OEIL SCHÉMATIQUE DE LISTING.

Indice de réfraction de l'air.....	1	
Id. de l'humeur aqueuse.....	$\frac{1.03}{77}$	
Id. du cristallin.....	$\frac{1.6}{11}$	
Id. de l'humeur vitrée.....	$\frac{1.03}{77}$	
Rayon de courbure de la cornée.....	8 ^{mm}	
Id. de la face antérieure du cristallin.....	10	
Id. de la face postérieure du cristallin.....	6	
Distance de la face antérieure de la cornée à la face antérieure du cristallin.....	4	
Épaisseur du cristallin.....	4	
Distance de la cornée à F'.....	12	8326
Distance de la face postérieure du cristallin à F''.	14	6470
Distance de la cornée au premier point principal h'.....	2	1746
Distance de la cornée au deuxième point principal h''.....	2	5724
Intervalle h' h'' des deux points principaux....	(0	3978)
Distance de la face postérieure du cristallin au premier point nodal k'.....	0	7580
Distance de la face postérieure du cristallin au deuxième point nodal k''.....	0	3602
Intervalle k' k'' des deux points nodaux.....	(0	3978)
Distance focale antérieure F' h'.....	15	0072
Distance focale postérieure F'' h''.....	20	0746

Côté temporal.



Côté nasal.

Fig. 5. — Œil schématique de Listing. — F' premier foyer principal ; F'' deuxième foyer principal ; h' premier point principal ; h'' deuxième point principal ; k' premier point nodal ; k'' deuxième point nodal ; G'' lieu de la tache jaune de Sæmmering.

Œil schématique réduit. — Remarquant que dans l'œil schématique complet les deux *points principaux* sont très-voisins l'un de l'autre, ainsi que les deux *points nodaux*, on peut, sans grande inexactitude, supposer les deux points *principaux* réunis en un seul, et étendre la

même supposition aux deux points *nodaux*. On obtient par là un schéma encore plus simple, que Listing appelle *'œil réduit*. Il place le point principal unique à $2^{\text{mm}}3448$ derrière la surface antérieure de la cornée, le point nodal unique à $0^{\text{mm}}4764$ en avant de la surface postérieure de la lentille. Quant au foyer, il ne bouge pas.

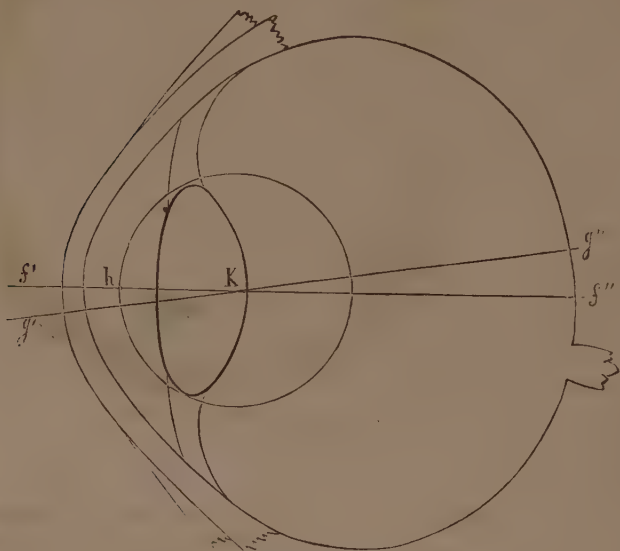


Fig. 6. — Œil réduit de Listing.
g' g'' axe visuel; f' f'' axe des milieux réfringents.

L'effet de l'œil réduit pourrait être produit par une surface sphérique unique dont le centre serait le point nodal K et dont le sommet serait au point principal h, ayant sur sa face antérieure de l'air, et, dans sa cavité, l'humeur aqueuse, le corps vitré ou de l'eau distillée. Le rayon d'une telle surface serait de $5^{\text{mm}}1248$.—Pour des considérations théoriques où l'on ne s'occupe que de la grandeur et de la position des images, on peut se servir de cet œil réduit; il simplifie les recherches.

Centre optique. — Nous venons de voir qu'en raison de leur très-faible distance, M. Listing a confondu les deux points nodaux en un seul placé dans l'intérieur du cristallin, à 0^{mm}4764 de la face postérieure de cette lentille. Ce point K, par lequel passeraient les rayons sans déviation, mériterait le nom de *centre optique* de l'œil. Il résulte, en effet, des expériences de Volkmann qu'il existe dans l'intérieur du cristallin et sur son axe un point qui jouit des propriétés de ce qu'on appelle le *centre optique* dans la théorie classique des lentilles. Seulement Volkmann place ce point, où les rayons se croisent sans déviation, à 8^{mm}92 en arrière de la face antérieure de la cornée, c'est-à-dire en arrière du cristallin, et non dans son intérieur, comme l'avait calculé Listing. M. Helmholtz a concilié ces faits légèrement divergents, par cette considération que les expériences de Volkmann font entrer dans les données de la question de très-grandes incidences de rayons, des incidences de près de 90 degrés sur l'axe, tandis que le calcul des points cardinaux suppose, au contraire, de très-petits angles autour de l'axe.

Différence entre l'axe des milieux réfringents de l'œil et l'axe visuel. — L'axe de l'appareil dioptrique de l'œil rencontre la rétine entre l'entrée du nerf optique qui est en dedans et la tache jaune qui est en dehors. Or, toutes les expériences les plus concluantes sur la sensibilité des différents points de la rétine démontrent que ce n'est pas la région où cet axe vient rencontrer le fond de l'œil, mais la région de la tache jaune, qui donne lieu à une sensation nette. La ligne qui réunit le centre de la tache jaune au centre optique est ce qu'on appelle l'*axe visuel*, la *ligne de vision* ou *de visée*. Cette ligne ne se confond donc pas avec l'axe des milieux réfringents, mais fait avec

lui un angle $g' K f'$ variable de 6 à 8 degrés, d'après les recherches d'Helmholtz. De plus, cette ligne est non-seulement inclinée de dehors en dedans sur l'axe de l'œil, mais encore elle est un peu inclinée de haut en bas sur ce même axe, le centre de la tache jaune étant un peu au-dessous du plan équatorial de l'œil. Cette ligne de visée perce donc la cornée un peu en dedans et au-dessus de son sommet ou pôle.

II. — RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE DANS L'ŒIL.

Historique. — Les philosophes anciens n'eurent que des idées très-vagues sur les phénomènes physiques de la vision; Pythagore, Leucippe, Platon, Aristote, Euclide, Ptolémée et Héliodore, essayèrent d'en donner des explications; mais leurs opinions sont ce qu'elles devaient être à une époque où l'esprit humain n'avait pas encore appris à chercher dans l'expérience le secret des phénomènes naturels. Les limites nécessairement restreintes de ce travail nous obligent à laisser de côté les documents de cette époque, qui n'offrent pas avec notre sujet de rapports assez directs.

C'est dans l'ouvrage d'un célèbre physicien arabe, ALHAZEN, que l'on trouve les premières idées justes sur la vision. Cet ouvrage, écrit vers l'an 1000, et dont une traduction latine fut publiée à Bâle, en 1572 (1), a fourni de nombreux faits au mathématicien polonais Vitellion qui, dans un grand *traité d'optique* publié avant la traduction dont nous venons de parler, en a reproduit des passages

(1) *Opticæ thesaurus : Alhazeni arabis bib.* VII, etc.; in-fol; Basle, 1572. Traduction latine par Frédéric Risner, sous la direction de Pierre Ramus.

très-étendus sans en prévenir le lecteur. Chose bien rare, à cette époque, les opinions de l'auteur arabe s'appuient sur le raisonnement aidé par des expériences souvent fort bien exécutées. Mais le point capital de son livre est celui où il établit que la vision se fait non, comme l'avaient pensé les anciens, par des rayons émis de l'œil vers les objets, mais par des rayons venant des objets à l'œil; il montra que ces rayons s'infléchissent dans les milieux de l'œil, et proclama ce principe, que *toute vision se fait par réfraction*. Alhasen s'enorgueillit à juste titre de sa découverte; mais, s'il est vrai qu'il connut la propriété qu'ont les milieux de l'œil de réfracter les rayons lumineux, il ne se rendit pas un compte exact de la marche de ces derniers : il crut que l'humeur vitrée avait la propriété de rendre les rayons réfractés par le cristallin, parallèles à l'axe de l'œil; ce qui le conduisit à admettre une formation d'images réduites mais droites. Pour lui, le cristallin est le principal organe de la vue, il reçoit immédiatement l'impression des formes apportées par les rayons, à travers l'air et les premières humeurs diaphanes de l'œil; mais la vision ne s'effectue finalement que quand la forme visible reçue par le cristallin, à la fois diaphane et sensible, est parvenue jusqu'au nerf optique et de là, à la partie antérieure du cerveau (1).

Après Alhasen le nom le plus célèbre en optique physiologique est celui de François Maurolyce (2) (1554); mais il n'arriva pas à donner l'explication vraie de la formation des images.

En 1589 une ère de progrès s'ouvrit pour la physio-

(1) Alhazeni, *loc. cit.*, liv. 1, prop. 1-25.

(2) *Photismi seu theorematum de lumine et umbrâ*; Naples, 1611.

logie de l'œil : un médecin napolitain, J.-B. Porta (1) découvrit la *chambre obscure artificielle*.

On connaissait depuis longtemps la *chambre obscure naturelle*, et déjà Léonard de Vinci (2), dans des manuscrits autographes, avait comparé les images qui se forment ainsi à celles des objets reçus par l'œil au-dedans des humeurs albumineuses. La chambre obscure artificielle établissait une analogie encore plus grande avec l'organe de la vision. Porta l'avait compris, mais il ne paraît pas s'être bien rendu compte du rôle de la lentille.

Il était réservé au célèbre astronome Kepler (3) de démontrer géométriquement et physiquement la formation des images dans la chambre obscure et par suite dans le fond de l'œil. — On lit dans tous les auteurs de physiologie qu'il a confirmé cette démonstration par l'expérience directe, en observant l'image qui se forme au fond d'un œil dont on a aminci postérieurement les tuniques externes jusqu'à les rendre transparentes. Le premier il aurait vu ainsi l'image d'un objet extérieur venir se peindre *renversée* sur la rétine. — Mais M. Trouessart (4), dont les recherches bibliographiques méritent la plus entière confiance, a vainement recherché, dans les paralipomènes et la dioptrique, la mention de cette expérience. D'une autre part, le même auteur aurait trouvé dans l'*histoire de l'optique de Priestley* (5), que « ce serait SCHEINER qui aurait fait, sinon le premier, cette curieuse expé-

(1) *Magia naturalis*, in-fol. ; Naples, 1589.

(2) Venturi, *Essai sur les ouvrages de Léonard de Vinci*.

(3) J. Kæpleri. *Ad Vittellionem paralipomena quibus astronomiæ pars optica traditur*, pet. in-fol. ; 1604.

(4) Trouessart, *Recherches sur quelques phénomènes de la vision*, p. 42 ; 1854.

(5) *History of opticks*, p. 41 ; 1772.

rience, du moins qui l'aurait le premier rendue publique... Après avoir vu plusieurs fois sur des yeux de bœuf et de mouton les images renversées sur la rétine, il répéta cette expérience publiquement à Rome, en 1625, sur l'œil humain lui-même, à la grande admiration des assistants » (1). — A partir de cette époque les opinions des anciens sur la vision étaient définitivement réfutées par l'expérience.

Marche des rayons lumineux dans l'œil. — Il résulte des indices de réfractions des milieux de l'œil, que optiquement, la cornée peut être confondue avec l'humeur aqueuse (p. 82), et que le cristallin peut être considéré comme une lentille placée dans un même liquide. Tout rayon lumineux se rapproche de la normale en passant de l'air dans la cornée, et de l'humeur aqueuse dans le cristallin ; il s'en éloigne, au contraire, en passant du cristallin dans l'humeur vitrée. En tenant compte de la disposition des surfaces de séparation de ces milieux, il est facile de voir que ces trois réfractions concourent toutes à dévier le rayon lumineux du côté de l'axe de l'œil. Tous les rayons lumineux tendent donc à se rapprocher de l'axe, et ceux qui, dans la chambre antérieure, ont reçu un degré suffisant de convergence, pénètrent dans la pupille et contribuent seuls à la formation de l'image.

III. — FORMATION DES IMAGES.

Les propriétés des points cardinaux et des plans principaux permettent de construire facilement l'image d'un objet quelconque. Dans l'exemple que nous allons en donner, nous admettrons avec Listing que les deux plans principaux se confondent en un seul, que nous désigne-

(1) Gaspard Schott, *Magia universalis*, part. I. p. 87.

[Fig. 7.



rons par la lettre H, et que les deux points nodaux se superposent en K. Soit ST un objet quelconque au delà du premier foyer principal F. Le point S fournit un rayon incident SD parallèle à l'axe de l'œil xx' ; ce rayon prolongé perce en D le plan principal H, par conséquent D appartient à la direction du rayon réfracté qui passe aussi nécessairement par le second foyer principal F', et qui se confond avec la droite DF'. Ce point S fournit un second rayon incident SD' qui passe par le premier foyer principal F et qui perce le plan principal H en un point D' qui appartient à la direction du rayon réfracté, qui est nécessairement lui-même parallèle à l'axe de l'œil. Enfin le point S fournit un troisième rayon incident SK, dont le prolongement passe par le point nodal K, et qui par conséquent pénètre dans l'œil sans éprouver aucune espèce de déviation. L'image du point S est donc en S' au point où ces trois rayons réfractés viennent se couper.

On construirait de même l'image T' du point T; par conséquent l'image S'T' de ST est *renversée*.

Angle visuel. — L'angle visuel est l'angle compris entre les deux rayons incidents envoyés par les extrémités de l'objet au point nodal K de l'œil. Par conséquent, dans la figure 7, l'angle visuel est l'angle $SKT = S'K'T'$. — Il est évident que les dimensions de l'objet restant les mêmes, l'angle et la distance de l'objet à l'œil varient en sens inverse. — La distance restant la même, l'angle visuel et les dimensions de l'objet varient dans le même sens.

Définition de l'œil amétrope et de l'amétropie. — Lorsque, comme nous l'avons supposé jusqu'à présent, dans un œil au repos, les rayons incidents parallèles, ou simplement émanés d'un point lumineux placé à une grande distance,

ont leur foyer sur la rétine, l'œil est *normal* ou *emmétrope*. Mais lorsque, par une construction défectueuse de l'œil, les rayons incidents parallèles n'ont pas leur foyer sur la rétine, l'œil est dit *amétrope*.

L'amétropie comprend deux espèces : dans la première, appelée *myopie*, le foyer des rayons parallèles est en avant de la rétine ; en d'autres termes, le foyer ne peut être sur la rétine que pour des rayons divergents, c'est-à-dire partis d'un point situé moins loin que l'infini, et, pour voir nettement les objets placés à grande distance, le myope doit armer son œil d'une lentille divergente ou négative. Dans la seconde, appelée *hypermétropie*, le foyer des rayons parallèles est en arrière de la rétine ; en d'autres termes, le foyer ne peut être sur la rétine que pour des rayons convergents, c'est-à-dire partis d'un point situé *plus loin que l'infini*, et pour voir nettement les objets extérieurs, l'hypermétrope doit mettre devant son œil une lentille convergente.

On s'est demandé quelle pouvait être la cause de l'amétropie. — Une exagération dans la puissance de l'appareil dioptrique, produite par une augmentation de l'indice de réfraction des milieux transparents ou de la courbure de leurs surfaces de séparation, pouvait y donner lieu. — L'observation démontre que telle n'est pas la cause de l'amétropie dont nous parlons : chez le *myope* et l'*hypermétrope*, les milieux réfringents ont la même forme et le même indice de réfraction que chez l'*emmétrope* ; mais l'axe de l'œil est trop long chez le premier, trop court chez le second. — La myopie et l'hypermétropie constituent donc deux anomalies dans la longueur du diamètre antéro-postérieur de l'œil, et deux anomalies en sens opposé.

IV. — RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE DANS L'OEIL.

Images de Purkinje. — Tous les rayons lumineux qui arrivent à l'œil ne traversent point ses milieux réfringents; une partie est réfléchiée par les diverses surfaces courbes de ces milieux, et donne lieu à la formation d'images des objets extérieurs. Ces images se forment d'après les mêmes lois que dans les miroirs convexes et concaves, lois que nous n'avons pas à développer ici. Voici comment Purkinje, le premier, a constaté la formation de ces images :

On place une source lumineuse, la flamme d'une bougie par exemple, à côté d'un œil bien conformé et dont la pupille est dilatée. Si l'on regarde alors la pupille de cet œil, on aperçoit dans le champ de celle-ci trois images de la flamme, disposées de la façon suivante : — Du côté de la flamme se trouve une première image droite, de grandeur moyenne, très-nette et fortement éclairée; un peu plus loin, on voit une seconde image également droite, mais plus grande, moins éclairée et à contours mal dessinés; enfin on rencontre une troisième image plus petite que les deux premières, assez nette, plus éclairée que l'image intermédiaire, mais renversée. Il est facile de se rendre compte du lieu de formation de ces images; la première est produite par la surface externe convexe de la cornée; la seconde se forme à la surface antérieure et également convexe du cristallin; quant à la troisième, c'est la surface postérieure de cet organe qui lui donne naissance, agissant ici à la manière d'un miroir concave. Après Purkinje, Sanson a appliqué les données de cette expérience au diagnostic de la cataracte, et plus tard elles sont devenues la base de la découverte moderne du mécanisme de l'accommodation.

CHAPITRE II.

ACCOMMODATION DE L'OEIL.

Nécessité d'une accommodation pour la vision distincte à différentes distances. — Tout le monde a remarqué que dans une chambre obscure l'image d'un objet extérieur n'est parfaitement nette que si l'objet ne se déplace pas; s'il change de position, son image devient plus ou moins diffuse, et l'observateur est obligé d'avancer ou de reculer l'écran pour lui rendre sa netteté. — Il en est de même pour l'œil : supposons que nous ayons devant un œil trois point lumineux A, B, C, placés l'un derrière l'autre sur la ligne visuelle (fig. 8), leurs foyers se feront derrière le cristallin dans un ordre correspondant, en *a*, *b*, *c*, comme le montre la figure. Si la distance de la rétine au cristallin est telle que le foyer tombe sur sa surface, les rayons venant de A et de C formeront sur elle un *cercle de diffusion*, ceux venant de B, après s'être croisés, et ceux venant de C avant leur entre-croisement.



Fig. 8.

Si l'œil ne subissait aucun changement intérieur, les objets ne seraient visibles que dans une position déterminée, celle où leur distance est telle que l'image focale

est précisément sur la rétine. Ce n'est point ce qui a lieu, et tout le monde sait que l'œil possède la faculté de s'ajuster avec rapidité pour la vue à des distances très-rapprochées, moyennes ou éloignées.

C'est cette faculté que l'on désigne sous le nom *d'accommodation*, *d'adaptation* ou *d'ajustement* de l'œil aux distances.

Les expériences qui donnent la preuve de la nécessité d'une accommodation pour voir à des distances diverses sont très-nombreuses. Qu'il me suffise de rappeler seulement deux des plus concluantes : — Celle de Scheiner qui vise une épingle à travers une carte percée de deux petits trous moins éloignés l'un de l'autre que le diamètre de la pupille ; en plaçant l'épingle à une distance telle qu'on la voie très-nettement, on ne peut regarder un objet plus près ou plus éloigné sans la voir double. — M. Helmholtz (1) interpose entre un livre et son œil un tissu de gaze très-léger : il peut distinguer très-facilement les caractères d'imprimerie et lire, mais il ne voit pas la gaze. Si au contraire il porte son attention sur celle-ci, il voit les fibres qui composent sa trame, mais il ne peut voir en même temps les caractères du livre. — Ces deux expériences prouvent évidemment, sans qu'il soit besoin d'en relater d'autres, la nécessité de changements intérieurs pour la vision distincte, en faisant voir qu'il y a des circonstances où l'image tombe en avant ou en arrière de la rétine.

Nous allons donc étudier en premier lieu quels sont les changements qui se produisent dans l'appareil dioptrique de l'œil ; et en second lieu quels sont les agents qui produisent ces changements.

(1) *Physiol. opt.*, p. 92.

A. — *Changements de l'œil nécessaires pour l'accommodation.*

Les physiologistes et les physiciens ont émis plusieurs hypothèses sur la nature et le lieu de ces changements, avant d'arriver à leur véritable démonstration par l'expérience. Nous allons résumer rapidement ces diverses hypothèses.

Hypothèse d'un allongement de l'œil. — Olbers (1780) pensa que l'œil s'allongeait pour s'accommoder à la vue des objets rapprochés. — Il calcula que, si la source lumineuse se trouve :

				pouce
à ∞ ,	la distance de l'image à la cornée est	de	0,8996	
à 27	pouces,	—	—	de 0,9189
à 8	p.,	—	—	de 0,9671
à 1	p.,	—	—	de 1,0426

Ainsi il suffisait à la rétine de se rapprocher de 0 ponce, 143 pour qu'elle reçût une impression nette de tous les objets placés entre l'infini et 1 pouce. — Mais un pareil allongement de l'œil est impossible; Olbers l'a bien compris, aussi a-t-il fait de nouveaux calculs, en prenant pour point de départ une autre hypothèse, celle du changement de courbure de la cornée. — Avant de l'examiner, disons que l'allongement de l'œil est encore admis par plusieurs auteurs, non pas, peut-être, comme moyen unique d'accommodation, mais comme un adjuvant utile à d'autres modifications. — Ces auteurs sont : *Sturm* (1697), *Le Moine* (1743), *Buffon* (1749), *Boerhaave* (1755), *Molinetti* (1763), *Olbers* (1780), *Hæselser*, *Walther*, *Monro* (1801), *Himly*, *Meckel* (1809), *Parrot* (1820), *Poppe* (1823), *Schroëder van der Kolk*, *Arnold* (1832), *Serre* (1835), *Bonnet* (1841), *Henle*, *Szokalski*, *Listing* (1851) (1).

(1) Voy. la *Bibliographie rangée par ordre chronologique* dans *Helmholtz*, p. 123 (*loc. cit.*).

Hypothèse d'un changement de courbure de la cornée. — Olbers (1783) imagina un objet placé aux distances précédentes, et il trouva que, si l'objet est placé à l' ∞ il faut que le rayon de la cornée soit celui d'une sphère de 0,333,

à 27 pouces,	il faut qu'il soit celui d'une sphère de 0,321
à 8 p.,	— — — de 0,303
à 4 p.,	— — — de 0,273

pour que l'image soit toujours sur la rétine.

Ramsden (1796) chercha à démontrer par l'expérience que la cornée changeait de courbure quand l'œil passe de la vue de loin à la vue de près. Le premier, il eut l'idée d'observer, dans ces deux cas, l'image qui est réfléchiée par la face antérieure de la cornée comme par un miroir convexe. Si cette image changeait de dimension, la cornée devait augmenter de courbure. Il observa, au moyen d'une lunette microscopique d'une force amplificative convenable, une image virtuelle bien nette, réfléchiée à la surface convexe de la cornée, l'œil de la personne ainsi en expérience, se fixant sans se déplacer, sur des mires situées à des distances très-différentes, mais dans une même direction.

Il crut voir que cette image augmentait de dimension quand l'œil s'adaptait pour le près. Il en conclut naturellement que la cornée augmente de courbure dans ce cas.

Au contraire, Th. Young, en répétant la même expérience avec de plus grandes précautions que son prédécesseur, pour bien immobiliser l'œil observé, ne vit pas que l'image réfléchiée par la cornée changeât de dimensions. Il admit donc, contrairement à Ramsden, que la forme de la cornée restait invariable pendant l'accommodation.

Il fit ensuite une autre expérience : il adapta sur son œil,

au moyen de cire, une espèce de boîte en cuivre dans le fond de laquelle était enchâssée une lentille biconvexe ; puis, il remplit cette boîte d'eau, afin que sa cornée y fût complètement plongée. Son œil devint immédiatement hypermétrope ; il corrigea alors ce défaut au moyen d'une seconde lentille biconvexe. Dans cet appareil, l'action de la cornée plongée dans deux liquides de même indice de réfraction était annulée. — Or, l'œil avait conservé la propriété de s'ajuster aux distances.

Les partisans modernes de l'hypothèse de la courbure de la cornée, sont : *Fries* (1839), *Vallée* (1847) et *Pappenheim* (1842) (1).

Hypothèse d'un resserrement de la pupille. — La construction du cristallin fit penser à M. Pouillet que les rayons qui traversent ses bords sont moins réfractés que ceux qui traversent ses couches centrales à la fois plus courbes et plus réfringentes ; et que le cristallin n'est pas une lentille à un seul foyer, mais une lentille à un nombre infini de foyers différents. Les rayons marginaux du cristallin donnent ainsi les images des objets éloignés et les rayons centraux celles des objets rapprochés. — « Quand, dit-il (2), on veut regarder un objet de plus en plus rapproché, on rétrécit de plus en plus la pupille : c'est un fait facile à vérifier. Le but de ce rétrécissement est, en effet, d'arrêter les rayons qui tomberaient trop loin du centre du cristallin, et dont la convergence ne pourrait avoir lieu qu'au delà de la rétine. --- Quand on veut regarder au loin, on ouvre au contraire la pupille autant qu'il est

(1) Voy. Helmholtz, *Bibliographie*, loc. cit., p. 123.

(2) Pouillet, *Éléments de physique expérimentale*, t. II, p. 242 Paris, 1844.

possible, afin que le faisceau incident soit large et que ses bords extérieurs tombent près des bords du cristallin, pour converger ensuite sur la rétine. Alors, il est vrai, la partie centrale du faisceau converge trop tôt; mais l'épanouissement qu'elle peut prendre, en allant depuis son point de convergence jusqu'à la rétine, est toujours très-petit, et peut d'autant moins troubler la vision, que l'éclat de la lumière est toujours très-faible par rapport à la lumière des bords. »

Cette théorie est expressément fondée sur une réfraction de la lumière par la lentille cristalline, toute différente de celle que nous connaissons dans les lentilles de verre. Dans ces dernières, en effet, les rayons marginaux vont former foyer plus près de la lentille que les rayons centraux; et cette différence est d'autant plus grande relativement, que l'objet est plus rapproché, ou les rayons marginaux relativement plus divergents. Or, l'accommodation confiée à l'iris aurait précisément pour objet de produire l'effet inverse à celui qu'on lui suppose.

Avant M. Pouillet, les physiologistes avaient pensé à attribuer à l'iris le même rôle, qu'il a nettement formulé. Ce fut Scheiner qui observa le premier que la pupille se resserre lorsqu'on regarde de près, et qui rattacha ce phénomène au mécanisme de l'accommodation. Haller, Le Roy (1755), Hall, Morton (1831), partagèrent cette opinion.

D'après Jean Mile (1) l'adaptation trouverait une explication suffisante dans les variations de l'ouverture pupillaire. La théorie de cet auteur est basée sur les *phénomènes de diffraction* que l'on observe toutes les fois que des rayons lumineux rasant le bord des corps opaques.

(1) *Journal de physiologie expérimentale*, t. IV, p. 166.

La réfraction des rayons sur les bords de l'ouverture de l'iris donne naissance, pour un même point, à plusieurs foyers disposés successivement sur une même ligne droite d'une certaine longueur, de manière qu'un objet lumineux peut, dans de certaines limites, changer de place sans cesser d'être vu distinctement, parce qu'un des foyers produits tombera toujours sur le fond de l'œil. La longueur focale est en raison inverse du diamètre pupillaire.

Nous verrons que les mouvements de l'iris jouent un rôle incontestable dans le mécanisme de l'accommodation, car il se contracte quand l'œil s'ajuste pour la vue de près, et ce phénomène a lieu, bien que la lumière soit peu intense. De plus, les mouvements de l'iris dépendent en partie de ceux des muscles qui sont influencés par le nerf moteur oculaire commun. Quand ceux-ci se contractent sous l'influence d'une excitation apportée par ce nerf, l'iris est aussi influencé par l'intermédiaire du ganglion ophthalmique et des nerfs iriens, dont les filets moteurs viennent de la troisième paire; l'iris se contracte alors par un mouvement *synergique* ou *associé*. En effet, pour déterminer le resserrement de la pupille, sans changer l'accommodation, il suffit, en fermant un œil, de tourner l'autre en dedans et en haut. Lorsque, au contraire, le nerf moteur oculaire externe, qui ne fournit pas de filets à l'iris, détermine une contraction du muscle abducteur de l'œil, la pupille ne se resserre point et tend plutôt à se dilater.

Si les changements de la pupille étaient l'unique cause de l'accommodation, comment se ferait-il que l'on voie également bien le même objet, lorsque son éclairage étant très-intense, la pupille est ressermée, et lorsque cet éclairage venant à faiblir, la pupille se dilate beaucoup?

Comment se ferait-il que l'on puisse voir distinctement des objets placés à des distances très-différentes à travers une pupille artificielle pratiquée dans une carte opaque et d'un diamètre plus petit que celui de la pupille naturelle? (Expérience de Volkmann.)

Mais la preuve la plus irréfutable que le rôle de l'iris dans l'accommodation n'est pas indispensable se trouve dans le cas d'aniridie par cause traumatique observée par M. Graefe. Chez un malade auquel, à la suite d'une opération, il avait enlevé tout l'iris, après la cicatrisation, le pouvoir accommodatif était tout entier conservé. Messieurs Ruete et Follin ont observé chacun un cas analogue (1).

Hypothèse qui fait dépendre l'accommodation du corps vitré. — Vallée (2) est le seul auteur qui ait fait dépendre l'accommodation en partie du corps vitré. En supposant que l'humeur vitrée croît rapidement en pouvoir réfringent du cristallin à la rétine, cet habile mathématicien avait cru pouvoir admettre, par le calcul, une action de concours sur l'ajustement aux distances. La constitution anatomique du corps vitré réprouve cette supposition.

Hypothèse d'un déplacement antéro-postérieur du cristallin. — Képler supposa le premier que l'ajustement de l'œil aux distances ne pouvait se faire que par un déplacement antéro-postérieur du cristallin. Mais aucun des auteurs qui avaient adopté son opinion n'avait pu démontrer ces déplacements. Le seul argument tiré de l'expérience était celui de Hueck, qui prétendait qu'en regardant de profil l'œil d'une personne qui s'accommode pour

(1) Giraud-Teulon, *Dictionnaire encyclopéd. des sciences médicales*, t. I. p. 327.

(2) *Théorie de l'œil*; Paris, 1843.

une distance rapprochée, on voit l'iris se porter en avant et se rapprocher de la cornée. Volkmann dit n'avoir vu ce phénomène que sur les yeux de Hueck. — Cette propulsion de l'iris est réelle, mais vient d'une autre cause que le mouvement du cristallin en avant.

Pour expliquer l'ajustement de l'œil à toutes les distances par le seul déplacement du cristallin, Hueck calcula qu'il faudrait qu'il s'avancât de $0^{\text{mm}},7$ à $1^{\text{mm}},7$.

Listing, qui attribuait l'accommodation à l'action combinée du recul de la rétine et de la propulsion du cristallin, évaluait le recul de la rétine à $2^{\text{mm}},49$ et la propulsion du cristallin à $1^{\text{mm}},5$.

Dans toutes ces hypothèses, on s'évertuait à expliquer comment les humeurs incompressibles de l'œil pouvaient permettre un déplacement en masse du cristallin. Suivant Jacobson, lorsque le cristallin se rapproche de la cornée, l'humeur aqueuse passe de l'avant à l'arrière de cette lentille, au moyen d'orifices que cet anatomiste signale dans la paroi antérieure du canal godronné de Petit; la dilatation de ces orifices s'opère par l'action érectile des procès ciliaires. Malheureusement l'observation anatomique n'a pas retrouvé ces orifices de communication. D'autres admettaient une déplétion des vaisseaux des procès ciliaires.

Le déplacement du cristallin fut admis par *Scheiner* (1619), *Plempius* (1648), *Strum* (1693), *Conradi*, *Porterfield* (1759), *Plattner* (1738), *Jacobson* (1821), *Brewster* (1824), *J. Muller* (1826), *Moser* (1844), *Burow*, *Ruete*, *Wallace* (1850), *Weber* (1850) (1).

(1) Voy. Helmholtz, *loc. cit.*, p. 123.

Hypothèse d'un changement de forme du cristallin. — Young, après avoir examiné et réfuté les différentes théories sur l'accommodation, arriva, par voie d'élimination, à faire revivre l'ancienne hypothèse de Descartes. Dans sa dioptrique, ce grand philosophe avait supposé que la lentille cristallinienne change de forme par le pouvoir musculaire de ses propres fibres (1).

On ne peut admettre que le cristallin soit un muscle car, non-seulement l'observation avec le microscope n'a jamais montré des fibres musculaires dans la texture du cristallin, mais encore la vérification physiologique expérimentale est venue corroborer l'examen anatomique.

Cramer prit le cristallin d'un phoque qui venait d'être tué ; il le disposa à la place de l'objectif d'une chambre obscure, de manière à avoir l'image d'un objet extérieur sur l'écran. Faisant ensuite passer un courant d'induction à travers le cristallin, il vit que l'image ne perdait pas de sa netteté et par conséquent que le cristallin ne se contractait pas.

En 1849, la question de l'accommodation devait recevoir une solution définitive par la démonstration directe et expérimentale de changements dans les courbures du cristallin pour la vision à différentes distances.

Langenbeck (2) eut l'idée d'appliquer au cristallin la méthode employée par Ramsden et Young pour mesurer le rayon de courbure de la cornée et son invariabilité. En observant les images fournies par la réflexion d'un foyer lumineux sur les faces antérieure et postérieure du

(1) Trouessart.

(2) *Klinische Beiträge aus dem Gebiete der Chirurgie und Ophthalmologie*; Göttingen, 1849.

cristallin, il reconnut que les dimensions et la position respective de ces images variaient suivant les différents modes d'adaptation de l'œil. Ces images s'éloignent l'une de l'autre au moment de la vision d'objets rapprochés ; en même temps, l'image renversée fournie par la face postérieure du cristallin devient plus petite et plus brillante. De tels effets ne peuvent avoir pour cause qu'une augmentation de convexité de la lentille oculaire.

Le mode d'exploration dont s'est servi Langenbeck ne pouvait donner qu'une idée générale des changements internes dont le cristallin est le siège ; il fallait, pour que l'observation ne laissât rien à désirer, déterminer exactement dans quelles limites ont lieu ces changements, et rechercher s'ils sont suffisants pour expliquer complètement la vue distincte à diverses distances.

Cramer (1853) (1) à Harlem, et très-peu de temps après lui, Helmholtz (2) à Göttingue les mesurèrent avec une rare exactitude.

Pour avoir une vue d'ensemble des changements approximatifs que produit l'accommodation dans les constantes optiques et les points cardinaux de l'œil, et pour prouver en même temps que le changement qu'on observe dans la forme du cristallin est suffisant pour expliquer l'accommodation, voici d'après les calculs d'Helmholtz (3), les constantes optiques pour deux accommoda-

(1) Voy. la figure 54 de l'appareil de Cramer, dans le livre de M. Follin, intitulé : *Leçons sur l'exploration de l'œil*, 1863, p. 216.

(2) Pour ces mesures, Helmholtz fit construire un instrument nommé *ophthalmomètre*, qui ressemble à l'héliomètre des astronomes, et dont la construction repose sur le même principe. M. Follin donne à la page 224 une idée de cet instrument.

(3) *Loc. cit.*, p. 144.

tions d'un œil schématique très-analogue à des yeux qu'il avait observés.

	ACCOMMODATION	
	De loin.	De près.
ETANT DONNÉ UN ŒIL (1) QUI A :		
Un rayon de courbure de la cornée.....	8,0	8,0
— de la face ant. du cristall.	10,0	6,0
— de la face post. du cristall.	6,0	5,5
Distance de la face ant. du cristallin à la cornée..	3,6	3,2
— de la face postér. — ..	7,2	7,2
HELMHOLTZ CALCULE LES CONSTANTES SUIVANTES :		
Distance focale antérieure de la cornée	23,692	23,692
— postérieure.....	31,692	31,692
— du cristallin.....	43,707	33,785
Dist. du point principal antérieur du cristallin de sa face antérieure	2,4073	1,9745
Dist. du point principal postérieur de la face postérieure du cristallin	1,2644	1,8100
Dist. des deux points principaux du cristallin l'un de l'autre.....	0,2283	0,2455
Distance focale postérieure de l'œil.....	19,875	17,756
— focale antérieure.....	15,858	13,274
Endroit du foyer antérieur	12,918	11,241
— du 1 ^{er} point principal.....	1,9403	2,0330
— du 2 ^e point principal.....	2,3563	2,4919
— du 1 ^{er} point nodal.....	6,857	6,515
— du 2 ^e point nodal.....	7,373	6,974
— du foyer postérieur.....	22,231	20,248

D'après ce tableau on est donc en droit de conclure qu'un œil adapté pour les distances infinies s'accommodera pour des distances très- rapprochées, si le rayon de courbure de la face postérieure du cristallin se raccourcit de 0^{mm}5 ou de $\frac{1}{12}$; — si celui de sa face antérieure se raccourcit de 4^{mm} ou des $\frac{3}{5}$; et si sa face antérieure s'avance de 0^{mm}4 (fig. 9).

(1) Cet œil se distingue de celui de Listing en ce que le cristallin est un peu plus en avant et qu'il est un peu plus mince.

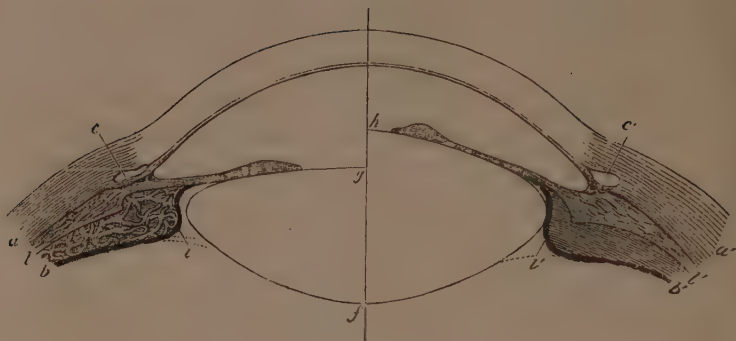


Fig. 9.

Figure schématique, d'après HELMHOLTZ, destinée à représenter le cristallin avant et après l'accommodation. — *aa'* sclérotique; *ll'* muscle ciliaire; *bb'* procès ciliaires de la choroïde; *ii'* tête des procès ciliaires; *cc'* canal de Schlemm; *f* pôle postérieur du cristallin. — Le côté gauche de cette figure représente l'état de l'œil accommodé pour la vue de loin; le côté droit, l'état qu'il prend pour s'accommoder à la vue de près. — On voit par cette figure que le pôle postérieur du cristallin reste à la même place; que le procès ciliaire *i'* appuie sur le bord du cristallin; que le pôle antérieur du cristallin s'avance de *g* en *h*; que la pupille se retrécit; que la grande circonférence de l'iris est un peu tirée en arrière; et que la paroi postérieure du canal de Schlemm s'écarte de l'antérieure, de manière que son calibre s'agrandit.

Dans cet exposé des différentes hypothèses sur l'accommodation, nous laissons de côté à dessein celles qui reposent sur une propriété inhérente à l'œil vivant d'être adapté à l'avance par la vision à toutes les distances. Les expériences de M. Haldat semblaient lui avoir démontré cette singulière propriété; ces expériences reprises par M. Giraud-Teulon (1) n'ont point confirmé que l'image fût toujours au foyer et nette pour toutes les distances de l'objet. — Nous ne faisons aussi que mentionner pour mémoire la théorie proposée par Lehot: d'après lui ce n'est pas sur la rétine que l'impression lumineuse se produit, mais dans l'intérieur même du corps vitré; l'image d'un plan a deux dimensions dans ce milieu;

(1) *Dictionnaire encyclopéd. des sciences médic.*, t. I, p. 331.

celle d'un corps solide en a trois ; et ce serait là la raison qui nous permet de percevoir le relief.

Ce sont surtout des observations d'ablation de cristallin que l'on oppose à la nécessité des changements de courbure de cette lentille pour l'accommodation. On prétend que des individus opérés de la cataracte ont conservé une faculté assez grande d'adaptation. — Mais les soigneuses recherches de Donders (1) ont montré avec certitude que, lorsque le cristallin manque, il n'y a plus la moindre trace de puissance accommodatrice. Si on trouve, dans certains cas, une faculté d'accommodation assez grande, c'est que le cristallin s'est reproduit. Lorsque ce résultat n'a pas eu lieu, le petit pouvoir accommodatif peut dépendre de l'astigmatisme de la cornée disposée de manière à former des foyers multiples sur une ligne antéro-postérieure, foyers qui sont vus tous avec la même netteté.

B. — *Agents de l'accommodation.*

Nous ne les trouverons pas dans les muscles extérieurs de l'œil, comme on l'a cru pendant longtemps. Nous pourrions multiplier les preuves à l'appui de ce que nous avançons ; bornons-nous à en citer quelques-unes :

L'extrait de belladone, appliqué en solution sur la conjonctive détermine, en même temps que la dilatation de la pupille, une perturbation profonde dans la faculté d'accommodation de l'œil. Il se produit un certain degré de presbytie, et l'accommodation ne s'exécute plus que dans des limites très-circonsrites. Les mouvements généraux

(1) *Archiv für Ophthalmologie von Graefe*, t. VII, p. 167; 1860.

du globe oculaire ne subissant d'ailleurs aucune modification, et les muscles ayant, par conséquent, conservé l'intégrité de leurs fonctions, il est clair que la faculté d'accommodation est entièrement indépendante de l'action des muscles (1).

Nous pouvons ajouter aujourd'hui que, par une influence contraire, nous croyons l'effet inverse produit par le nouvel agent thérapeutique connu sous le nom de *fève du Calabar*. Cet agent antagoniste de la belladone, accroît le pouvoir accommodatif non moins nettement que celle-ci le paralyse, et cela sans toucher plus qu'elle au jeu des muscles extérieurs du globe (2). — M. Graefe (3) a vu un homme chez lequel les six muscles des deux yeux était complètement paralysés, et cependant ce malade avait un pouvoir accommodatif parfait de ses deux yeux.

Lorsque le mécanisme ordinaire de l'accommodation est troublé, comme après une opération de cataracte, plusieurs oculistes, avec Jæger de Vienne, pensent que les muscles extérieurs de l'œil et l'orbiculaire des paupières entrent en jeu pour modifier un peu la forme et déterminer une petite accommodation (4). Je crois qu'on n'est pas en mesure de nier complètement cette action, surtout celle produite par l'orbiculaire. Toutefois la conclusion que beaucoup d'auteurs tirent de ces exceptions pathologiques, à savoir que ce sont les muscles extérieurs qui produisent l'accommodation *normale*, est comme nous venons de le voir radicalement fausse.

(1) Expérience de Müller, citée par Longet (*Traité de physiologie*, t. II, p. 44).

(2) Giraud-Teulon, *Dict. encyclop. des sciences méd.*, t. I, p. 325.

(3) *Archiv für Ophthalmologie*, t. II, p. 299, fasc. 2 ; 4855.

(4) C'est aussi l'opinion de M. Rouget, d'après une note qu'il m'a communiquée.

Les muscles extérieurs du globe de l'œil n'ayant donc aucune influence sur l'accommodation, il reste trois appareils qui peuvent en être les agents actifs, l'iris, le muscle ciliaire et l'appareil vasculaire des procès ciliaires.

Rôle de l'iris. — Cramer considère l'iris comme le véritable appareil d'adaptation, tandis qu'il n'attribue au tenseur qu'un rôle accessoire. — Il appuie son opinion sur l'expérience suivante : sur l'œil d'un phoque qu'on venait de tuer, il enlève dans une petite étendue toutes les membranes postérieures jusqu'au corps vitré ; puis il le replace sur l'ouverture de la platine du microscope, munie d'une plaque isolante de bois verni. La cornée étant tournée vers le miroir réflecteur, il examine avec un grossissement de 80 fois l'image formée sur la face postérieure du corps vitré par la flamme d'une bougie placée à une certaine distance. En excitant ensuite l'iris par le courant d'un appareil électro-magnétique à rotation, dont les électrodes touchaient en deux points opposés des bords de l'iris, il voyait disparaître l'image du foyer, en même temps que la courbure du cristallin augmentait. — Au contraire, si l'on avait préalablement sectionné l'iris dans la direction d'un rayon, au moyen d'une aiguille à cataracte, l'image demeurerait intacte lors de l'excitation électrique. — Voici comment Cramer (1) explique le mode de cette action : les fibres longitudinales de l'iris, fixées par leurs extrémités libres aux fibres circulaires contractées, pressent sur le bord du cristallin par l'intermédiaire des procès ciliaires

(1) *Het Accommodatie-vermogen d. oogen.* — *Naturk Verhandelung van de Holland. Maatschappij. der wetensch.* Haarlem VIII, 1853 (Preisschrift).

et de la zone de Zinn. Le cristallin ne pouvant reculer sous l'influence de cette pression, à cause de la contraction simultanée du tenseur de la choroïde qui pousse le corps vitré en avant, il se déforme en augmentant les courbures de ses faces. Comme la force de contraction des fibres longitudinales de l'iris augmente en raison de leur longueur, le pouvoir accommodatif est plus grand lorsque la pupille est étroite, fait qui concorde parfaitement avec le resserrement de la pupille qui se produit, lorsque les axes visuels convergeant sur des objets très-rapprochés, il s'agit d'obtenir une adaptation forcée. — Le retour du cristallin à sa forme primitive lorsque l'accommodation cesse, est dû uniquement, d'après Cramer, à la force élastique de sa capsule.

Donders partage l'opinion que nous venons d'exposer sur le rôle de l'iris dans l'accommodation ; seulement il admet que les fibres longitudinales du muscle ciliaire attirent en arrière l'insertion de la grande circonférence de l'iris, ce qui favorise sa pression sur le bord du cristallin.

M. Helmholtz a objecté que par le mécanisme précédent on peut bien expliquer l'augmentation de courbure de la face antérieure du cristallin, mais qu'on ne peut se rendre compte du changement de forme de sa face postérieure, et surtout de son augmentation d'épaisseur ; car le corps vitré soumis à une plus forte pression devrait tendre à aplatir la face postérieure du cristallin. — Pour expliquer les changements de forme du cristallin, Helmholtz a supposé que, dans l'œil vivant au repos, la zone de Zinn est tendue, et aplatit le cristallin en tirant sur ses bords. A l'aide de cette hypothèse, voici comment cet auteur explique l'accommodation :

Lorsque le tenseur de la choroïde se contracte, la partie périphérique de l'iris est tirée en arrière, et la partie

postérieure de la zone de Zinn ramenée en avant; la tension de celle-ci est donc diminuée, puisque ses deux extrémités se rapprochent; par suite le bord du cristallin se rapproche de son axe, ses faces deviennent plus convexes, son épaisseur augmente. — Helmholtz admet qu'à cette action vient s'ajouter la pression de l'iris sur la lentille cristallinienne, comme Cramer l'a décrite; cette pression fait que la face antérieure se bombe plus fortement encore, mais tend à diminuer la courbure de la face postérieure, de manière que celle-ci reste presque la même que dans l'œil au repos.

Plusieurs faits ont été invoqués à l'appui de l'opinion d'Helmholtz sur le mécanisme de l'accommodation. — A la suite d'accidents traumatiques de l'œil qui font supposer que la zone de Zinn est rompue partiellement, M. Nagel dit (1) que l'accommodation ne peut plus s'effectuer, et que l'œil devient myope. On suppose alors que le cristallin reprend sa forme convexe naturelle, parce qu'il est soustrait à l'action de la zone de Zinn qui l'aplatissait. — Le *phosphène d'accommodation*, découvert par Purkinje et expliqué par Czermack a été invoqué comme une preuve de l'explication de Helmholtz. C'est l'apparition d'une étroite circonférence lumineuse sur le pourtour du champ visuel, au moment où l'œil qui était adapté pour une courte distance se met brusquement au repos.

Ce phénomène est produit par un ébranlement des parties antérieures de la rétine, dans la région de l'*ora serrata*, au moment où cesse l'accommodation active. Lorsque la contraction du tenseur, qui avait relâché le ligament suspenseur du cristallin, vient à s'interrompre, ce

(1) *Die Refraktionen und Accommodations Anomalien.*, p. 175; Tübingue, 1866.

(2) Nagel, *loc. cit.*, p. 5.

ligament reprend brusquement sa tension ordinaire ; mais, comme le cristallin ne cède que peu à peu à la traction exercée sur lui pour l'aplatir, il se produit une secousse subite et violente des parties antérieures de la rétine que nous savons être intimement unies à ce ligament.

Mais cette explication du phosphène d'accommodation n'a peut-être pas toute la valeur que Czermack lui a donnée comme preuve de la théorie d'Helmholtz ; un grand nombre de personnes ne perçoivent pas ce cercle lumineux à la fin d'une adaptation énergique ; d'autres le perçoivent au commencement d'un effort pour s'accommoder à une très-petite distance ; M. Nagel dit être de ce nombre, et attribue ce fait à une traction produite sur l'*ora serrata*. — Il y aurait donc deux phosphènes d'accommodation ; l'un produit au commencement, l'autre à la fin des mouvements nécessaires pour l'ajustement ; mais je crois que leur cause ne peut être encore donnée d'une façon précise, et qu'on ne peut les invoquer pour l'une ni l'autre théorie.

Muscle ciliaire. — Henry Müller attribue à la portion circulaire du muscle ciliaire le principal rôle dans l'accommodation : il changerait la forme du cristallin en comprimant directement son contour. — Quant aux fibres longitudinales du muscle ciliaire, ou tenseur proprement dit, elles seraient destinées : 1° à comprimer le corps vitré au moyen de l'enveloppe choroïdienne et à empêcher ainsi le recul de la face postérieure du cristallin ; 2° à distendre la zone de Zinn, comme Helmholtz l'avait déjà dit, et à tirer en arrière l'insertion périphérique de l'iris pour la fixer. — Quant à l'action de l'iris lui-même, H. Müller partage l'opinion de Cramer, Donders et Helmholtz.

Appareil vasculaire comme agent d'accommodation. —

On a appliqué au mécanisme de l'accommodation la théorie de Haller, qui attribuait les mouvements de l'iris à une érection. Fick et Czermack ont supposé que les procès ciliaires en devenant turgescents pressent sur les bords de la lentille cristallinienne, et produisent dans sa courbure les changements nécessaires à la vision des objets rapprochés.

Le resserrement de la pupille coïncide toujours avec la vision de près, parce que l'appareil vasculaire de l'iris communique largement avec celui de la choroïde, et qu'ils ne peuvent se congestionner l'un sans l'autre.

La découverte des nerfs vaso-moteurs qui produisent alternativement la contraction et la paralysie des vaisseaux est venue donner un argument nouveau en faveur de cette opinion.

On attribue, en général, à M. le professeur Rouget l'opinion que l'accommodation se produit uniquement par un phénomène d'érection; mais ce physiologiste fait jouer, au contraire, un rôle important au muscle ciliaire. C'est ce qui résulte d'une note qu'il a bien voulu nous adresser.

Dès 1856, en effet, il s'était occupé de cette question, et le premier il a donné la description de la *portion annulaire* du muscle ciliaire (1) dont on attribue généralement la découverte à H. Müller, bien que la publication du travail de ce dernier soit postérieure en date (2).

M. Rouget, dans ses recherches, a constaté que toutes les veines de l'iris vont se jeter dans les *vasa vorticosa* de la choroïde par deux plexus, l'un situé dans l'épais-

(1) *Comptes-rendus de l'Acad. des sciences*, 19 mai 1856.

(2) *Archiv für Ophthalm.*, t. III, p. 1; 1856.

seur même des procès ciliaires, l'autre à la face dorsale de la couronne que forment ces procès, et sous-jacents tous deux à la portion annulaire du muscle ciliaire. De cette disposition, il résulte que la contraction de ces fibres annulaires doit avoir pour effet de retenir le sang qui revient de l'iris dans les procès ciliaires et de déterminer l'érection de ces derniers.

Or, M. Rouget admet « que le cristallin, par son segment antérieur, est exactement embrassé dans une cupule vasculo-musculaire constituée par l'iris et la couronne ciliaire; — qu'il n'y a pas de *chambre postérieure* de l'œil; — que les procès ciliaires enchâssent exactement le cristallin comme les griffes d'une monture de diamant, l'extrémité antérieure de ces replis reposant *immédiatement* non sur les bords, mais sur la *zone périphérique du segment antérieur de la lentille*. » Sur des yeux d'hommes et d'animaux examinés peu de temps après la mort et qu'il a fait photographier, il a toujours constaté cette disposition.

Ces données anatomiques étant admises, pour expliquer le mécanisme de l'accommodation, M. Rouget examine successivement l'action de la portion annulaire du muscle ciliaire et celle de sa portion radiée.

Le muscle *ciliaire annulaire*, par sa contraction, ne peut agir *directement* sur le cristallin, comme le veut H. Müller, puisqu'il en est séparé par toute l'épaisseur des procès ciliaires (fig. 9); mais, en se contractant, il met obstacle à la circulation en retour des veines de l'iris et des plexus des procès ciliaires dont il détermine l'érection; ce sont donc les procès ciliaires devenus turgides qui compriment la partie périphérique du segment antérieur du cristallin et en modifient la courbure.

La contraction de la *portion radiée* du muscle ciliaire

produirait la tension de la choroïde et par suite la compression du corps vitré. Celui-ci tendrait à s'échapper en avant, refoulant dans ce sens le cristallin, dont la face postérieure est peu modifiée, dans sa courbure, comme on le sait, tandis que la face antérieure, comprimée à sa périphérie par les procès ciliaires et appliquée contre la face postérieure de l'iris, tend en quelque sorte à faire hernie.

La contraction de cette même portion du muscle et la tension de la choroïde, qui en résulte, ont aussi pour effet, dans l'opinion de M. Rouget, de comprimer un plexus veineux qu'il a signalé à la partie postérieure de la choroïde, de gêner la circulation en retour dans les troncs des *vasa vorticosa* et par suite, d'augmenter encore la tension dans les veines des procès ciliaires.

M. Rouget pense aussi que de cette tension du sac musculo-membraneux qui embrasse le corps vitré et le cristallin, résulte un peu d'allongement de l'axe antéro-postérieur de l'œil, qu'il n'a pas, il est vrai, vérifié directement.

Nous croyons pouvoir résumer ainsi le mécanisme de l'accommodation d'après le professeur de Montpellier:

La contraction de la *portion annulaire* du muscle ciliaire a pour effet d'intercepter le cours du sang qui revient de l'iris, de déterminer l'érection des procès ciliaires, et par la pression que ceux-ci exercent sur la partie périphérique du segment antérieur du cristallin, d'*augmenter la convexité antérieure de la lentille*. — La contraction de la *portion radiée* du muscle ciliaire produit la tension du sac irio-choroïdien, ajoute à la gêne de la circulation veineuse, et comprime le corps vitré de telle sorte que, le cristallin étant repoussé en avant, il y a un *allongement de l'axe antéro-postérieur de l'œil*.

Inutile d'ajouter que ces deux effets sont simultanés.

Telles sont les opinions actuelles sur les agents qui produisent dans les milieux réfringents les changements nécessaires pour la vision à toutes les distances. Malheureusement aucune d'elles ne peut être démontrée entièrement par l'expérience, et on peut faire contre toutes des objections difficiles à réfuter. Il faudra certainement encore de nouvelles recherches pour arriver à une explication complète de ce point de physiologie.

Définition de la vision distincte.

Nous avons souvent employé les expressions de *vision distincte*, *voir distinctement*. Il importe, avant d'aller plus loin de dire ce qu'il faut entendre par là.

On doit se représenter la rétine comme formée par la juxtaposition de petites surfaces impressionnables à la lumière et conductrices de l'impression, indépendamment les unes des autres. L'étude de sa texture anatomique justifie en effet cette supposition. Cela posé, lorsque deux rayons lumineux sont assez rapprochés pour tomber sur la surface d'un seul de ces éléments, il n'y a pas deux sensations, mais une sensation unique qui est la résultante des deux ébranlements isolés : au lieu de voir deux points nous n'en voyons qu'un. — En d'autres termes, si l'angle visuel que sous-tendent sur la rétine les images de deux points est moins ouvert que celui que mesurent les éléments de la rétine, à savoir 30'' ou 40'', ces points ne seront point *distingués* l'un de l'autre. Mais, si cet angle visuel est plus grand, ils *seront vus distinctement*.

Distance moyenne de la vision distincte. — Pour se rendre compte de la vision distincte chez les différents individus, il fallait trouver un objet usuel d'une

grandeur à peu près fixe, qui sert de point de repère. Nos habitudes sociales nous mettant continuellement en rapport avec les caractères d'imprimerie de moyenne grosseur, ce sont eux que l'on a choisis comme point de repère. L'œil ne les voit d'une manière distincte qu'à une certaine distance, celle qui est la mieux appropriée à la forme de ses milieux réfringents.

On peut se rendre compte de la distance de la vision distincte d'une autre manière.

En regardant un trait noir très-ténu, tracé sur une feuille de papier blanc, il arrivera un moment où la perception sera aussi parfaite que possible. Dès que ce point est atteint, on dit que l'objet est situé à la distance de la vision distincte; cette distance est en moyenne de 25 cent. Moindre chez les myopes, elle est beaucoup plus étendue chez les hypermétropes.

On a construit différents appareils pour mesurer la vision distincte; ces appareils ont reçu en général le nom d'*optomètres*.

Étendue de l'accommodation. — On appelle étendue de l'accommodation la distance qui existe entre le point le plus éloigné, *punctum remotum*, et le point le plus rapproché, *punctum proximum*, qui puissent faire leur foyer sur la rétine, par suite de l'accommodation de l'œil.

Pour l'œil emmétrope, l'étendue de l'accommodation varie depuis ∞ jusqu'à environ 25 cent. de la face antérieure de la cornée (distance moyenne de la vision distincte pour un œil normal).

Pour l'œil myope, l'étendue de l'accommodation varie depuis un point placé plus près que ∞ jusqu'à un autre point placé plus près de la cornée que 25 centimètres. — L'étendue de l'accommodation est moindre que dans le premier cas.

Pour l'œil hypermétrope, l'étendue de l'accommodation varie depuis un point *placé plus loin que l'infini*, jusqu'à un autre point placé plus loin que 25 cent. (1). On peut la représenter par une quantité négative.

Puissance de l'accommodation. — On a souvent confondu l'étendue de l'accommodation avec la puissance de l'accommodation. La première est, comme nous venons de le voir, la distance entre le *punctum remotum* et le *punctum proximum*. La seconde est la force musculaire qui produit les changements intérieurs de l'œil pour l'accommoder de l'un à l'autre point.

On mesure le degré de cette puissance musculaire par la puissance de réfraction de la lentille qu'il faudrait mettre devant l'œil supposé dans un repos invariable, afin de l'accommoder artificiellement pour la plus petite distance possible de la vision distincte. — L'action de cette lentille fictive est telle que par son influence les rayons qui partent du *punctum proximum* prennent, dans l'œil, la direction qu'ils auraient s'ils venaient du *punctum remotum*.

On pourrait croire que la puissance de l'accommodation correspond à son étendue et varie comme elle. Il n'en est rien toutefois. Nous allons le montrer par un exemple : pour passer par accommodation d'un point placé à ∞ à un point placé à 24 pouces, l'œil a besoin d'une puissance accommodatrice qui n'est pas plus grande que celle qu'il lui faut pour s'accommoder de 24 pouces à 12 pouces, de 12 à 8 ou de 8 à 6 pouces : l'œil emmétrope, pour parcourir la distance de l'infini à 24 pouces, n'a donc fait que la moitié de l'effort que l'œil myope fait pour aller de 12 à 6 pouces.

(1) Voy. les *Définitions des yeux emmétropes et amétropes*.

État de la puissance de l'accommodation selon les âges.—
La puissance de l'accommodation diminue avec l'âge pour deux raisons :

1° Parce que le cristallin, dont la consistance augmente avec l'âge, devient moins propre à changer de courbure sous l'influence des agents accommodateurs ;

2° Parce que le muscle ciliaire, comme tous les autres muscles, s'atrophie dans la vieillesse, et par conséquent est de moins en moins capable de faire l'effort de l'accommodation.

Ces deux causes conduisent à ce qu'on appelle la *presbytie*, qui arrive pour l'œil emmétrope aussi bien que pour l'œil myope et pour l'œil hypermétrope. Elle consiste uniquement en ce fait que le *punctum proximum* s'éloigne constamment par les progrès de l'âge.

Tout tableau indiquant la puissance d'accommodation aux différents âges
(page 178, Nagel)

AGES.	DISTANCE du p. proximum en pouces.	DISTANCE du p. remotum en pouces.	PUISSANCE d'accommodation.
10	2,66	∞	1 : 2,66
15	3,16	∞	1 : 3,16
20	3,75	∞	1 : 3,75
25	4,44	∞	1 : 4,44
30	5,33	∞	1 : 5,33
35	6,50	∞	1 : 6,50
40	8,27	∞	1 : 8,27
45	10,50	— 480	1 : 10,3
50	15	— 240	1 : 14,1
55	22	— 120	1 : 18,6
60	48	— 60	1 : 27
65	∞	— 40	1 : 40
70	— 40	— 26	1 : 74
75	— 26	— 26	1 : ∞

Étendue de l'accommodation dans la vision binoculaire ou étendue relative de l'accommodation avec deux yeux convergents sur un point (vu simple). — L'étendue de l'accommodation monoculaire est pour un œil emmétrope depuis ∞ jusqu'à 12 pouces; mais lorsqu'il s'agit des deux yeux, il n'en est plus de même, et l'accommodation disponible pour une convergence donnée des deux yeux est très-restreinte. En effet, les limites extrêmes de l'étendue d'accommodation monoculaire ne peuvent pas être atteintes pour des états de convergence opposés : l'accommodation pour le *punctum proximum* ne peut pas être atteinte lorsque les axes visuels sont parallèles, ni l'accommodation pour le *punctum remotum* lorsque les axes visuels sont très-convergents. La partie de l'accommodation disponible pour une convergence donnée

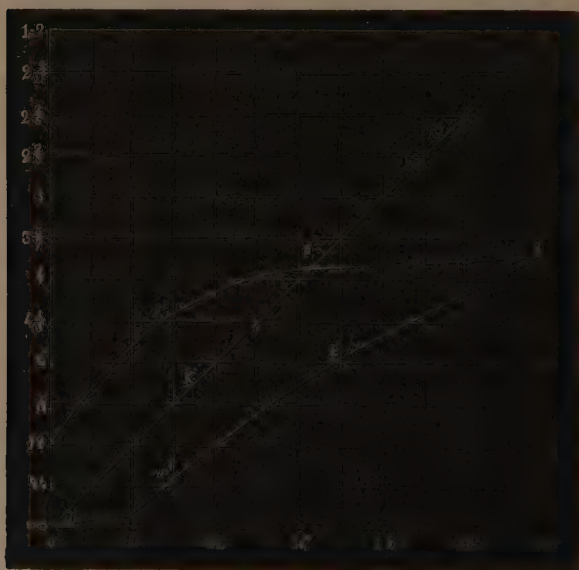


FIG. 10.

des yeux a lieu en deçà et au delà du point regardé. Seulement, pour que la vision puisse se faire sans fatigue, il faut que l'étendue en deçà soit à peu près égale à l'étendue qui est au delà. Donders a bien indiqué ces rapports dans la figure ci-contre :

Sur différents points de la diagonale KK' se trouvent les intersections des lignes horizontales qui indiquent les distances, à partir de l'œil, des points regardés, et des lignes verticales qui indiquent les différents angles de convergence des rayons visuels correspondant à ces différentes distances. La ligne p^1p^2p représente la série des puncta proxima, la ligne r^1r celle des puncta remota pour les différents degrés de convergence. L'espace compris entre ces deux lignes, sur chaque ligne verticale, indique les étendues relatives d'accommodation (*fig. 10 et fig. 11*).

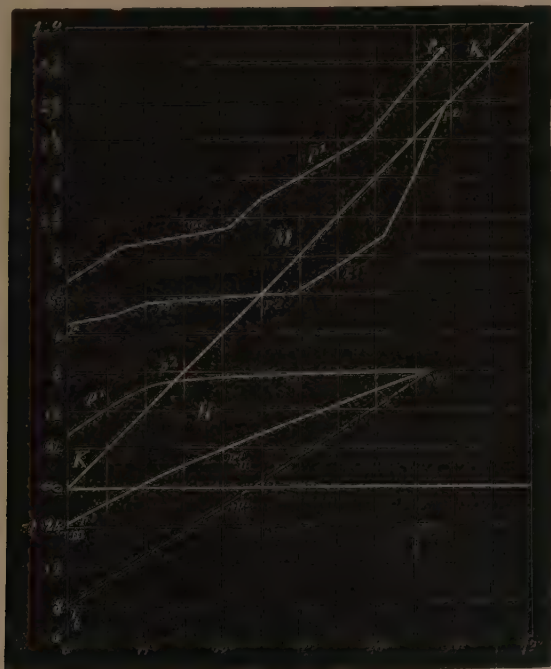


FIG. 11.

La figure 11 a été construite d'après les mêmes principes, pour montrer quelle est la latitude d'accommodation pour la vision binoculaire d'un myope M et celle d'un hypermétrope H.

L'accommodation binoculaire exige des efforts ou une puissance musculaire très-différente chez les myopes et chez les emmétropes; pour le même degré de convergence des deux yeux, le myope a besoin d'un effort d'accommodation beaucoup moindre que l'émétrope.

Sur la rapidité avec laquelle on peut changer son accommodation. — Volkmann fit les expériences suivantes : il déterminait combien de fois en un temps donné il pouvait changer son accommodation entre un point éloigné et un point plus rapproché, et il conclut des résultats obtenus que le mouvement était assez lent pour qu'il dût être produit par des muscles *organiques*.

Aeby a fait de nouvelles expériences très-exactes en mesurant séparément le temps de l'accommodation active et celui de l'accommodation passive, pour des points situés à des distances différentes l'un de l'autre et de l'œil. Le résultat général était que, quand le point considéré se rapproche de l'œil, la durée de l'accommodation active augmente.

Le tableau suivant montre bien ce résultat, puisqu'on

DISTANCE du point le plus éloigné.	DURÉE de l'accommodat. active.	QUANTITÉ dont on peut s'accommoder en deçà du p. de départ.
430 ^m	$\frac{1}{2}$ seconde.	160 ^m
270 ^m	id.	80 ^m
190 ^m	id.	40 ^m
150 ^m	id.	20 ^m
130 ^m	id.	10 ^m
120 ^m	id.	5 ^m

y voit que, pour un temps égal, la distance à laquelle l'œil peut s'accommoder diminue à mesure que le point lumineux se rapproche.

Inégalité de réfraction des deux yeux. — Lorsqu'il y a une inégalité notable dans la puissance de réfraction des deux yeux, ils ne peuvent plus agir en commun, c'est-à-dire que, regardant un même point, ils ne peuvent pas en obtenir des images nettes sur la rétine. Les troubles qui en résultent pourront se diviser en deux groupes principaux, suivant que les deux yeux fixent le même objet, ou qu'ils ne le fixent pas; dans le premier cas, les troubles ne sont pas considérables; dans le second, l'œil qui ne fixe pas l'objet, prend ou bien une direction presque normale, ou bien diverge en dedans ou en dehors. Il en résulte un *strabisme*. Il peut, enfin, arriver que les deux yeux fixent alternativement les objets, ce qui est le cas le plus favorable; car alors tous les deux continuent à s'exercer.

Anomalies d'accommodation. — L'accommodation peut être altérée de deux manières, soit par des troubles dans les milieux réfringents (anomalies du cristallin ou de son ligament suspenseur), soit par des troubles dans les agents accommodatifs (anomalies dans la contraction des muscles ciliaires, par suite d'une paralysie, d'une crampe, d'un spasme ou d'une hyperesthésie de ce muscle).

Influence des petites ouvertures sur l'accommodation. — Si l'on place un petit objet à une distance plus petite que celle de la vision distincte, son image est confuse; mais, si l'on interpose entre l'œil et l'objet une carte opaque percée d'un très-petit trou, l'objet devient immédiate-

ment facile à distinguer, et il paraît de dimensions plus considérables.

Dans cette expérience, la carte joue le rôle d'écran et arrête tous les rayons qui, n'étant pas sensiblement parallèles, viendraient impressionner la rétine dans tous les sens et troubler la vision. Les rayons sensiblement parallèles, passent seuls et viennent former leur image sur la rétine, qui la rapporte à la distance de la vision distincte. On s'explique ainsi comment l'image est nette et se trouve amplifiée.

Théorie de l'ophthalmoscope. — Lorsque la rétine est fortement éclairée, elle rayonne vers la face postérieure du cristallin. Il en résulte qu'il se forme nécessairement en avant de l'œil, et à la distance pour laquelle l'organe est accommodé, une image aérienne, réelle et renversée de la portion éclairée de la rétine. On peut recevoir cette image sur un écran.

CHAPITRE III.

DES TROUBLES CAUSÉS PAR LES IMPERFECTIONS DES MILIEUX RÉFRINGENTS.

I. — LES MILIEUX RÉFRINGENTS DE L'OEIL NE SONT PAS ACHROMATIQUES.

On ne peut obtenir une image nette par réfraction qu'à la condition que la lumière incidente soit *monochromatique*.

Du moment où un objet rayonne de la lumière blanche, la netteté de l'image est troublée par une aberration provenant de l'inégale réfrangibilité des rayons lumineux diversement colorés et qu'on appelle *aberration de réfrangibilité*. — Nous n'avons pas à expliquer ici comment on parvient à corriger cette espèce d'aberration, et par quels procédés on obtient des lentilles achromatiques; notre but est seulement de montrer que l'œil n'est pas achromatique.

En effet, nous avons vu précédemment que les trois réfractions qu'éprouve successivement un rayon lumineux en traversant les milieux de l'œil, concourent toutes à le dévier vers l'axe de l'organe. Il en résulte nécessairement que les foyers des rayons diversement colorés ne peuvent pas coïncider, et que par suite *l'œil ne peut pas être un appareil achromatique*. L'expérience justifie pleinement cette indication de la théorie.

Scheiner traça un cercle blanc sur un plan noir vertical. En fixant ses regards sur ce cercle, il apparaissait avec

netteté sur le fond noir; mais si dirigeant les yeux sur le cercle, on s'accommode pour un point plus éloigné ou plus rapproché, la perception cesse d'être nette et en même temps les bords du cercle blanc semblent se colorer. — Lorsque l'accommodation des yeux se fait pour un point plus rapproché, l'image confuse que l'on perçoit semble entourée de bandes colorées, le violet constituant le cercle le plus externe. — Quand l'adaptation est convenable pour un point plus éloigné que le plan du cercle, les mêmes couleurs se voient encore, mais elles présentent des dispositions inverses, le violet étant à l'intérieur de la zone irisée. — Le changement du foyer de l'image explique ces faits sans que nous ayons besoin d'y insister.

Fraüenhofer examina le fil très-ténu d'une lunette microscopique en l'éclairant au moyen de chacun des rayons du spectre. Or, le fil étant visible d'une manière très-nette avec des rayons rouges, il devient extrêmement confus ou même disparaît quand on l'éclaire avec des rayons violets, à moins qu'on ne fasse varier la distance de l'oculaire. — Arago cite aussi contre l'achromatisme de l'œil une expérience analogue à la précédente : une lunette achromatique est dirigée sur une étoile et l'oculaire tiré à une distance convenable pour la voir avec la plus grande netteté : si l'on place successivement au-devant de l'œil une lame de verre violet, puis une autre de verre rouge à faces planes et parallèles, on constate que, dans ces deux cas, l'image n'est plus nette; l'oculaire n'est plus au point : il faut l'éloigner pour le rouge, le rapprocher pour le violet.

M. Vallée a construit un instrument appelé *optochromomètre*, qui sert à mesurer la vision distincte pour les diverses couleurs du spectre.

Mais, puisque les milieux réfringents ne sont pas achro-

matiques, comment se fait-il que, quand nous sommes accommodés pour la vue distincte d'un objet, l'image ne soit pas colorée sur les bords? — On en trouve l'explication dans l'étendue des éléments de la rétine.

Si un rayon de lumière blanche décomposée par les milieux réfringents de l'œil ne donne lieu qu'à un cercle de diffusion plus petit que la surface de ces éléments, peu importe, nous savons que la sensation sera la résultante des impressions particulières de chacun des rayons décomposés, c'est-à-dire sera celle de la lumière blanche. — C'est ainsi que la nature a *compensé* l'aberration chromatique des milieux réfringents par une disposition spéciale de la membrane impressionnable.

Maskelyne (1)(1789) a mesuré quelle était l'étendue de l'inégale réfrangibilité des rayons lumineux dans l'œil : il a vu que l'intervalle des deux foyers sur l'axe oculaire était de 0^{mm},61, ce qui correspond à un angle visuel de 15'' (2). Or les derniers éléments de la rétine comprenant eux-mêmes un angle deux fois plus grand, (30'' environ), il est facile de voir que la chromasie des milieux réfringents est largement compensée.

Mais lorsque l'œil n'est pas accommodé, lorsque les cercles de diffusion sont plus grands que les éléments de la rétine, les images sont nécessairement colorées sur leurs bords, et non dans leurs parties centrales, parce que les rayons de différentes couleurs s'y superposent et produisent une impression qui est leur résultante.

On observe quelquefois un trouble de la vision qui consiste en ce que tous les objets sont irisés. Ce phénomène

(1) *Philos. Transact.*, t. LXXIX, p. 256.

(2) Dans les télescopes, on néglige cet angle quand il ne dépasse pas 57''.

n'est que rarement le symptôme d'une maladie des milieux réfringents, mais celui d'un trouble dans le pouvoir accommodatif. — On explique de même les lignes colorées qui se peignent autour des caractères noirs de l'écriture, toutes les fois que les moyens internes de changer l'état de réfraction des milieux de l'œil, sont paralysés par une affection morale, par un travail d'esprit assidu ou par l'envie de dormir. Les bandes colorées dioptriques deviennent très-fortes, lorsqu'au moyen de l'extrait de belladone, on détruit la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances.

Notons qu'il faut bien distinguer les bandes colorées dioptriques des *auréoles lumineuses colorées*. Celles-ci dépendent d'une réaction de la rétine à l'occasion des impressions lumineuses et de l'activité propre de cette membrane.

II. ABERRATION DE SPHÉRICITÉ DE L'ŒIL.

Dans les lentilles de verre, il existe une imperfection dans la netteté de l'image, qui résulte de ce que tous les rayons lumineux d'une même couleur ou monochromatiques, parallèles à l'axe, ne concourent pas exactement dans un même foyer : les rayons marginaux viennent converger plus près de la lentille que les rayons centraux. On appelle cette imperfection *aberration de sphéricité* ou *aberration monochromatique*. — On y remédie, dans les instruments d'optique, en plaçant devant les lentilles des diaphragmes opaques percés d'un trou. Ceux-ci suppriment les rayons marginaux, mais l'image n'est suffisamment nette que lorsque le diaphragme ne laisse à découvert qu'une portion de la surface de la lentille correspondante à une amplitude de 6° environ.

L'iris peut arrêter les rayons marginaux ; mais, comme dans le plus grand rétrécissement de la pupille, l'amplitude de la surface découverte du cristallin est encore d'environ 12° ; comme d'une autre part, à une faible lumière, nous ne cessons pas de voir distinctement, quoique la pupille soit très-dilatée, il faut rechercher par expérience, si l'appareil dioptrique de l'œil ne serait pas exempt d'aberration de sphéricité.

Volkmann a fait une expérience ingénieuse qui nous permet de répondre à cette question.

Une carte opaque est percée de quatre trous formant un trapèze plus petit que l'ouverture de la pupille. On regarde à travers ces trous une aiguille de petit diamètre. — Si l'aiguille est à la distance de l'accommodation, on la voit simple. — Si l'aiguille est très-rapprochée de l'œil, les quatre foyers sont au-delà de la rétine et on voit quatre images séparées, dont les extérieures correspondent aux trous les plus écartés et les intérieures aux deux autres trous. — Cela posé, éloignons lentement l'aiguille afin d'opérer la coïncidence des images ; trois cas peuvent se présenter : — 1° il arrive, mais rarement, que les quatre se réunissent à la fois en *une seule* (1) ; — 2° souvent, ce sont les deux images intérieures qui coïncident d'abord, ce qui prouve que le foyer des rayons centraux est plus près du cristallin que celui des rayons marginaux et, par suite, l'aberration de sphéricité existe, mais est inverse de celle des lentilles ordinaires. — 3° Plus souvent encore, les images extérieures coïncident avant les images intérieures et, dans ce cas, l'aberration de sphéricité existe, et est de même sens que celle des lentilles ordinaires.

Ce que nous avons dit de la constitution anatomique

(1) Dans ce cas, évidemment l'aberration de sphéricité est *nulle* :

du cristallin rend parfaitement compte des résultats de l'expérience de Volkmann. Il est évident, en effet, que les rayons marginaux échappent à l'action des parties les plus réfringentes qui constituent le noyau du cristallin, et, par suite, forment leur foyer plus loin que si la lentille cristallinienne était homogène. Le degré d'écartement de ce foyer varie suivant les individus; et l'étendue plus ou moins grande de cette variation explique très-bien les trois cas constatés par Volkmann.

En résumé donc, l'aberration de sphéricité existe dans l'œil; mais, la constitution anatomique du cristallin en diminue l'étendue. — Chez la plupart des sujets, cette aberration subsiste encore quoique diminuée et conserve son véritable sens; — chez des sujets exceptionnels elle est exactement corrigée. — Enfin, dans un assez grand nombre de cas la correction dépasse les limites, et il en résulte une aberration inverse de celle des appareils dioptriques ordinaires.

Ajoutons encore que si, n'étant pas mathématiquement corrigée, elle ne donne lieu qu'à des cercles de diffusion moins étendus que les éléments de la rétine, elle n'existe pas pour nous.

III. — ASTIGMATISME.

Lorsque les milieux réfringents de l'œil n'appartiennent pas à des surfaces sphéroïdales et centrées, comme nous l'avons supposé jusqu'ici en prenant pour type un œil schématique, l'aberration monochromatique produit des effets extrêmement compliqués, dont nous allons essayer de donner une idée.

Supposez un milieu réfringent d'une *forme ellipsoïdale* dont le grand diamètre serait représenté par AB (fig. 12) et

le petit par CD, et un point lumineux placé sur l'axe en avant de cet appareil. Si nous plaçons un écran en arrière, de manière à recevoir les rayons émergents, nous constatons expérimentalement en 1 une surface elliptique à grand diamètre vertical, en 2 une surface elliptique plus petite dont le petit diamètre a diminué plus rapidement que le grand; en 3 ce n'est plus une ellipse, mais une ligne verticale. — Éloignons encore l'écran : en 4 nous aurons une ellipse dont le petit diamètre augmente plus rapidement que le grand à mesure qu'on s'éloigne; en 5 les dimensions du petit diamètre auront atteint celle du grand, c'est-à-dire que nous aurons une figure circulaire; — plus loin la figure de l'écran indique que le cercle se déforme; on voit apparaître de nouvelles ellipses 6, dont le grand diamètre, au lieu d'être vertical est horizontal, et croît en même temps que le petit diminue; en 7 ce n'est plus une ellipse, mais une ligne horizontale.

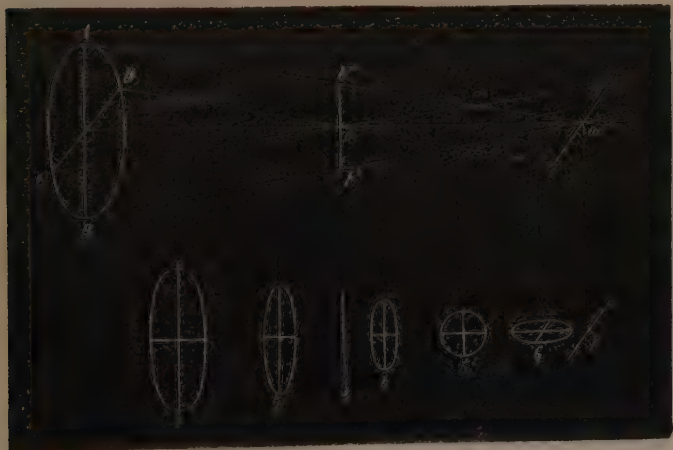


Fig. 12.

Ainsi dans un appareil dioptrique de ce genre, l'image

d'un point n'est jamais un point, mais, suivant la position de l'écran, une ellipse, une ligne verticale, une ellipse plus petite, un cercle, une ellipse, une ligne horizontale.

Nous savons qu'en réalité les milieux réfringents de l'œil ont une forme ellipsoïdale, à trois rayons, qui les rapproche de l'appareil dioptrique que nous venons de supposer; dans l'œil par conséquent l'image d'un point, même quand l'accommodation est parfaite, n'est jamais un point, mais une surface de diffusion d'une forme analogue aux images que nous recevions tout à l'heure sur notre écran (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Toutefois si ces surfaces de diffusion sont plus petites que les derniers éléments de la rétine, nous n'avons pas même la notion de l'imperfection de notre œil.

Dans certains cas, la forme ellipsoïde de l'œil est exagérée, et constitue alors une imperfection des images que que Whewell le premier a appelée *astigmatisme*, de *a sans στίγμα point*, voulant signifier par ce mot que les rayons partis d'un point ne se réunissent plus en un seul point.

La figure que nous venons de donner fait comprendre l'astigmatisme. Il existe dans le cabinet de physique de la Faculté de Paris *un petit appareil* qui en donne une notion encore plus nette. — Il a été construit d'après les indications de M. le professeur Gavarret. — Dans cet appareil, les rayons réfractés sont représentés par des fils de laiton très-minces, dont les extrémités sont fixées sur la circonférence de deux ellipses, tracés sur des planchettes maintenues parallèlement en face l'une de l'autre. — On voit clairement, au moyen de cet appareil qu'il n'y a que les rayons passant par le plan horizontal et par le plan vertical de l'ellipse qui viennent couper l'axe; tous les autres contournent cet axe sans le couper; de sorte que les sections perpendiculaires à l'axe donneraient des contours

elliptiques, un cercle ou des lignes, comme nous l'avons indiqué dans la figure 12 ; et jamais un foyer unique.

Toutes les aberrations monochromatiques peuvent donc s'appeler *astigmatisme*, et c'est sous ce nom qu'on les trouve désignées dans les ouvrages de MM. Donders, Helmholtz, Giraud-Teulon et Javal.

Historique. — L'astigmatisme est une imperfection de l'œil dont la nature n'a été connue que dans notre siècle. Les médecins avaient sans doute observé depuis longtemps les troubles qu'il produit ; mais il fallait, pour analyser ces troubles et pour remonter à leur cause, des notions que l'étude du corps humain ne peut donner. Ce ne fut donc pas un médecin qui découvrit l'astigmatisme mais un astronome profondément versé dans les sciences mathématiques. Th. Young, dont nous avons eu l'occasion de citer plusieurs fois les travaux en optique physiologique, observa sur lui-même les symptômes de cette imperfection, et l'attribua à une position oblique du cristallin sur l'axe de l'œil (1800).

Gerson (de Hambourg), en 1810, rapporte que Fischer avait constaté à la même époque le fait de l'astigmatisme dans un certain nombre d'yeux et rattaché ce défaut à une irrégularité de forme de la cornée.

M. Cassas, peintre d'histoire, dès 1818, avait observé qu'il ne pouvait voir nettement les lignes horizontales.

Chamblant (1825) fut le premier qui tailla des verres cylindriques pour améliorer certaines difficultés de la vision. En 1844, Suscipi, opticien à Rome, employa aussi des verres particuliers, et quelques années plus tard, Soleil fabriqua des lunettes à surfaces cylindriques.

L'astronome anglais Airy (1827) eut recours aux verres cylindriques pour corriger un certain degré d'astigma-

tisme dont il était atteint. Plateau (1834) a publié un mémoire sur la dyssymétrie de l'œil; Hamilton et Goode, en 1847 et 1848, donnèrent plusieurs observations d'astigmatisme, et le pasteur Schnyder (1849) raconta sa propre observation dans un journal suisse. C'est la même année que Stokes imagina la lentille bicylindrique qui porte son nom.

Les travaux de Sturm (1845) et de Sneff (1846) renferment des documents qui se rapportent plus ou moins directement à la question de l'astigmatisme. Mais dès 1852, M. Goulier, commandant du génie, s'occupait sérieusement de cette question, et remédiait à l'astigmatisme par l'emploi de verres cylindriques. Dans un mémoire rédigé à cette époque, il a étudié l'astigmatisme au point de vue de l'étiologie et du traitement. Il attribuait une certaine influence aux muscles obliques et à la pesanteur, sur la production de la déformation du globe oculaire. A. Müller (1852, *Annales de Poggendorf*), Stellwag von Carion, Fliedner, Powell, Vallée (1853), Trouessart (1854) ont publié des travaux relatifs à l'astigmatisme. Hays, en 1854, en fait connaître trois observations, et c'est la même année que Helmholtz inventa son ophthalmomètre qui a été utilisé depuis par Donders et Knapp à la mesure exacte du degré de ce vice de conformation.

Dès 1855, Wharton, Jones et Wilde professaient que l'astigmatisme était dû à un défaut de la cornée, mais il faut arriver au travail de Donders sur l'*astigmatisme et les verres cylindriques*, pour trouver un exposé didactique et complet de la question.

Depuis cette époque, les observations sur le sujet qui nous occupe se sont multipliées, mais elles ont été moins importantes. Cependant quelques faits nouveaux ont été

ajoutées aux connaissances déjà acquises sur ce point (1).

Astigmatisme régulier, astigmatisme irrégulier. — L'astigmatisme est dit *régulier* et *irrégulier*. — Le premier est celui qui est produit par une différence dans la distance focale des divers méridiens du système dioptrique de l'œil. — Le second est produit par des irrégularités de réfraction appartenant à un seul et même méridien.

A. — *Astigmatisme régulier.*

Dans l'astigmatisme régulier, le méridien le plus réfringent est en général perpendiculaire à celui qui l'est le moins. — La situation de ces deux méridiens principaux, par rapport à l'axe du corps, est très-variable; le plus souvent le méridien plus réfringent est à peu près vertical et le moins réfringent à peu près horizontal; mais il y a de nombreuses exceptions à cette règle. Chez les myopes le méridien le plus réfringent est plus souvent horizontal, tandis qu'il est plus souvent vertical chez les hypermétropes.

Le *degré* de l'astigmatisme a pour mesure la différence dans la puissance réfringente des deux méridiens principaux, c'est en même temps l'expression de la puissance réfringente de la lentille cylindrique qu'il faudrait mettre devant l'œil pour égaliser les deux méridiens et supprimer l'astigmatisme.

Des espèces d'astigmatisme. — On distingue différentes espèces d'astigmatisme, selon que les deux méridiens

(1) Nous renvoyons, pour les détails historiques et les indications bibliographiques, à l'excellent travail que M. Javal publie dans les *Annales d'oculistique* (9^e série, t. V, livrais. de mars et avril 1866).

principaux sont : 1° tous deux myopes ; 2° tous deux hypermétrope ; 3° l'un myope et l'autre emmétrope ; 4° l'un hypermétrope, l'autre emmétrope ; 5° enfin l'un myope et l'autre hypermétrope.

Signes auxquels on reconnaît l'astigmatisme. — 1° A la simple inspection il est difficile de reconnaître si un œil est astigmaté. C'est à peine si l'astigmatisme à un très-haut degré peut être soupçonné d'après la forme de la cornée, ou dans d'autres cas, d'après celle des images réfléchies par sa surface, images qui alors sont allongées dans un sens et raccourcies dans un autre sens plus ou moins perpendiculaire au premier.

2° L'ophtalmomètre peut donner des mesures exactes d'une cornée astigmatée, mais ce moyen ne peut conduire à des résultats pratiques, parce qu'il ne peut indiquer l'astigmatisme total du système dioptrique.

3° L'examen ophtalmoscopique donne une image ovale de la papille.

4° Les individus astigmatés jugent différemment les dimensions des objets, selon les différents méridiens suivant lesquels ils les voient. Par exemple des lignes d'égale longueur ne leur paraissent pas également longues dans deux directions opposées, et ils jugent alors inexactement de la forme des objets : un carré paraît un rectangle et un cercle une ellipse. Tous les objets semblent allongés dans la direction du méridien du plus court foyer.

5° Le trouble de la vision produit par l'astigmatisme est d'une nature spéciale, et diffère essentiellement de celui produit par l'amblyopie et l'amétropie simple. Il ne consiste pas en une incertitude ou une inexactitude de la perception, ou dans la confusion des détails des contours et des couleurs, comme dans l'amblyopie proprement

dite ; ce n'est pas non plus un brouillard qui recouvre les objets, comme lorsque les milieux réfringents ont perdu leur transparence ; ni enfin une incertitude dans les contours comme lorsque l'œil n'est pas accommodé. Dans l'astigmatisme, les objets se présentent avec des formes et une coloration qui n'est plus celle qui leur est propre, et pour de petits objets, comme des caractères d'imprimerie, le trouble va jusqu'au point que leur forme véritable ne peut plus être reconnue. Les contours ont quelque chose de vacillant, ce qui provient de l'accommodation qui change à tout instant. La forme des objets se modifie considérablement lorsque la distance varie et encore plus lorsqu'on incline la tête. Ainsi les caractères de l'imprimerie paraissent tantôt fortement allongés et comme étirés, de manière que les intervalles des lignes diminuent et que celles-ci se touchent presque, tantôt tellement élargies que les lettres voisines se touchent et se couvrent même partiellement.

La direction des méridiens principaux a une influence capitale dans l'explication de ces faits. Peut-être est-ce à cause de la direction de ces méridiens que beaucoup d'individus astigmates, comme M. Javal l'a remarqué, penchent la tête du côté de l'œil le plus mauvais.

L'effort que fait sans cesse l'œil astigmatique pour s'accommoder rapidement et dans tous les sens aux différents foyers des points d'une image a pour résultat de fatiguer les muscles accommodateurs et de produire *l'asthénopie*. C'est surtout chez les astigmates hypermétropes que l'asthénopie se produit rapidement. — On reconnaît que l'asthénopie provient de l'astigmatisme à ce qu'elle disparaît quand on a corrigé celui-ci.

6° L'œil astigmatique voit mieux lorsque la pupille est étroite, dans un lieu fortement éclairé, parce qu'alors les

cercles de diffusion sont plus petits. Le rapprochement presque complet des paupières agit dans le même sens.

7° Les individus astigmates ont l'habitude de regarder les objets de très-près, d'abord pour les voir sous un angle plus grand, ensuite pour utiliser le resserrement de la pupille qui accompagne l'effet accomodatif. Les myopes qui peuvent regarder les objets de très-près sans fatigue sont bien moins gênés par l'astigmatisme que des hypermétropes qui en sont affectés au même degré.

8° La vision binoculaire est d'une importance toute spéciale pour l'astigmate, lorsque, comme cela existe presque toujours, les deux yeux ont une réfraction différente, et surtout lorsqu'ils sont dans des états opposés qui leur permettent de se corriger mutuellement. La vue monoculaire est donc toujours beaucoup plus mauvaise.

9° La vision est notablement améliorée lorsqu'on regarde à travers une fente étroite, surtout lorsque la direction de cette fente correspond à un des méridiens principaux; en effet dans ce cas il n'y a plus qu'un foyer.

Diagnostic et mesure de l'astigmatisme. — Lorsqu'un affaiblissement de la vue se présente avec les caractères que nous venons de mentionner rapidement, on est conduit au diagnostic de l'astigmatisme. Mais pour confirmer et compléter ce diagnostic il faut mesurer le degré de l'astigmatisme, c'est-à-dire la différence de réfraction dans les deux méridiens principaux.

Il est avant tout nécessaire de connaître la direction de ces deux méridiens.

Il y a différentes méthodes pour arriver à ce but. Dans toutes, certaines précautions sont nécessaires : il faut d'abord que la mesure de l'astigmatisme se fasse pendant le repos de l'œil, et ensuite que la lumière soit très-modérée

afin de ne pas avoir une pupille trop étroite, car cette circonstance corrigerait plus ou moins l'astigmatisme.

Pour déterminer les méridiens principaux, on approche successivement de l'œil, à partir du *punctum remotum*, un point lumineux : la direction suivant laquelle ce point paraît *d'abord allongé* indique la direction de la ligne focale postérieure, ou, ce qui revient au même, le méridien de plus forte courbure.

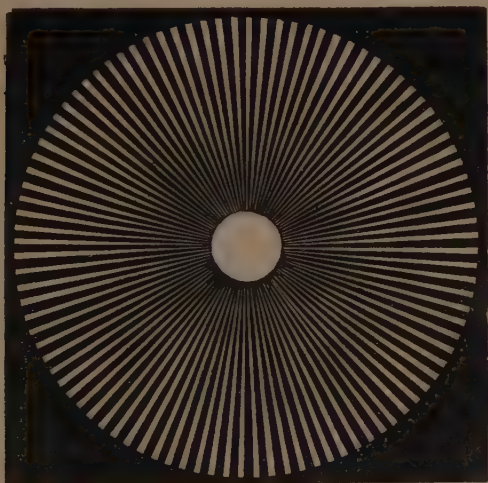


Fig. 13.

Un second moyen consiste à rapprocher peu à peu de l'œil une figure dans le genre de celle que je représente ici (fig. 13). La direction dans laquelle les rayons seront d'abord vus distincts correspondra aux méridiens de plus forte courbure.

Un troisième moyen consiste à faire tourner autour de l'axe de l'œil une étroite fente pratiquée dans une carte opaque. Les directions dans lesquelles on voit le mieux les objets sont les directions des méridiens principaux,

quoique ce moyen ne serve pas à distinguer l'un de l'autre le plus réfringent et le moins réfringent.

En faisant tourner devant l'œil un verre cylindrique corrigeant à peu près l'astigmatisme, les positions dans lesquelles il produira le maximum et le minimum d'acuité de la vue indiqueront les méridiens principaux. Dans ce cas la position de l'axe de courbure d'un verre cylindrique positif ou convexe correspond au méridien de plus forte courbure; et celle de l'axe d'un verre cylindrique négatif, au méridien de plus faible courbure.

On a construit des instruments qui donnent rapidement la direction et le degré de l'astigmatisme. Je ne puis entrer ici dans leur description, et je me contenterai de signaler la *lentille astigmatique de Stokes* et l'*optomètre binoculaire* de M. Javal.

Quand on a déterminé le sens des méridiens principaux, on peut déterminer la puissance réfringente de chacun d'eux en essayant à travers une fente étroite, dans les deux directions l'une après l'autre, le plus fort verre convexe ou le plus faible verre concave avec lequel on puisse voir distinctement dans le lointain. Dans ces déterminations il est tout à fait indispensable que l'œil soit au repos. Pour en être sûr, il est bon chez les hypermétropes de suspendre l'accommodation par la belladone.

Siège. — L'astigmatisme peut siéger dans la cornée ou dans le cristallin, soit parce que cette lentille aurait des surfaces asymétriques, soit parce qu'elle serait placée obliquement par rapport à l'axe de l'œil.

On peut mesurer directement l'astigmatisme de la cornée au moyen de l'ophthalmomètre; tandis qu'on ne peut pas mesurer directement celui qui dépend du cristallin. Mais la participation du cristallin à l'astigmatisme est prou-

vée, lorsque l'asymétrie de la cornée, mesurée à l'ophthalmomètre, ne concorde pas avec l'asymétrie de tout le système observée par les moyens précédents ; par ce procédé, on a souvent constaté une action astigmatique du cristallin. Cette action est moindre que celle de la cornée, et dans la plupart des cas, elle est en sens inverse, de manière à compenser celle de la cornée.

Les formes les plus pures de l'astigmatisme régulier se trouvent chez les individus opérés de la cataracte.

Dans un cas donné, il est très-difficile de dire si l'astigmatisme du cristallin est due à la forme asymétrique des surfaces, ou à la position oblique de cette lentille.

Une question qui n'est pas encore résolue est de savoir si l'astigmatisme reste invariable pendant toute la vie, ou s'il peut se modifier sous l'influence de maladies de la cornée ; — si l'astigmatisme reste le même dans tous les degrés d'accommodation, ou s'il change lorsqu'on s'adapte pour le près ou pour le loin ; — si, comme M. Giraud-Teulon le suppose, l'astigmatisme du cristallin est produit par une espèce de spasme d'accommodation, c'est-à-dire par une contraction inégale du muscle ciliaire.

L'astigmatisme régulier est presque toujours congénital et souvent héréditaire.

Fréquence. — On trouve un œil notablement astigmatique pour 50 yeux normaux, d'après Donders. — Ce défaut est plus fréquent dans l'hypermétropie (1 cas sur 6) que dans la myopie (1 cas sur 8) (1).

B. — *Astigmatisme irrégulier.*

Dans l'astigmatisme irrégulier, non-seulement les distances focales des différents méridiens sont inégales et

(1) Voy. l'excellent mémoire de M. Nagel sur les anomalies de la réfraction et de l'accommodation de l'œil, 188 ; *loc. cit.*

disposées sans aucun ordre, mais encore la réfraction peut être si irrégulière dans certains méridiens que les rayons passant par un même plan méridien peuvent ne pas se réunir en un même point.

Les causes sont : des irrégularités dans la courbure des surfaces réfringentes ou des inégalités dans la composition des milieux transparents.

L'astigmatisme irrégulier présente les signes les plus variables; mais je ne veux ici appeler l'attention que sur un seul d'entre eux, c'est la *polyopie monoculaire*.

Il est impossible de corriger l'astigmatisme irrégulier, si ce n'est en plaçant devant l'œil un diaphragme percé soit d'un trou, soit d'une fente très-étroite.

IV. — POLYOPIE MONOCULAIRE.

La *polyopie monoculaire* consiste dans une imperfection des milieux réfringents, telle qu'il se forme sur la rétine plusieurs images d'un seul objet.

Les images multiples d'un seul objet sont les unes *passagères* et changent de rapport et de nombre à chaque clignement, les autres *constantes*.

Les images multiples passagères s'expliquent par des bulles d'air renfermées dans le mucus conjonctival, des stries de ce mucus plus ou moins denses comme dans les conjonctivites catarrhales, etc., qui se trouvent sur la face antérieure de la cornée. Elles n'ont lieu que pour les très-petits objets. Elles apparaissent et disparaissent avec le clignement. — Il est facile de se rendre compte de leur formation au moyen de l'expérience que Funke (1) rapporte : en mettant sur la lentille d'une chambre obscure des gouttes d'huile, on voit de petits objets faire des ima-

(1) *Traité de physiologie*, p. 283.

ges multiples sur l'écran, ou les mêmes points d'un objet donner plusieurs images, et par conséquent troubler d'une manière plus ou moins considérable l'ensemble de l'image.

Les images multiples *constantes*, beaucoup plus importantes à considérer, se divisent en celles qui disparaissent par une accommodation parfaite, naturelle ou produite par une lentille convexe ou concave, et celles qui persistent dans tous les cas.

a. Polyopie qui disparaît par l'accommodation. — Quand on porte ses regards sur un objet très-éloigné et éclairé d'une manière assez intense, comme le disque de la lune par exemple, il arrive que la plupart des hommes ne voient pas d'une manière nette les contours de ce disque, parce qu'il n'y en a que très-peu dont le *punctum remotum* soit exactement à l'infini. Si l'image n'était que confuse, il n'y aurait là rien qui pût nous étonner, puisque les foyers ne sont pas sur la rétine; mais, au lieu d'être confuse, elle est multiple, et en réalité nous voyons d'une manière assez nette plusieurs disques de la lune, disques dont les bords se superposent. — Cette polyopie n'existe pas pour les yeux dont le *punctum remotum* est exactement à l'infini; pour les myopes, elle disparaît au moyen d'une lentille divergente; pour les hypermétropes avec une lentille convergente.

Quelle est donc la cause de cette multiplicité des images pour une accommodation imparfaite? — Pour Th. Young (1) c'était une inégalité dans la surface antérieure du cristallin; — Pour Purkinje (2), des facettes qui se trouveraient sur la face antérieure de la cornée. — Pour Donders et Helmholtz ces images s'expliquent par la

(1) *Trans. philosophiques*, part. I, p. 43; 1801.

(2) *Beitrag zur Kenntniss des Sehens*, p. 113; 1819.

division du cristallin en plusieurs secteurs, reliés par une substance d'une réfraction différente de la leur : chaque secteur fait son foyer à la même distance et il n'y a qu'une image, si la rétine est placée à cette distance focale; mais si elle est placée en avant ou en arrière de ce foyer commun, elle recevra des images multiples produites par les divers segments du cristallin.—Le D^r Pope, pour se rendre compte de ce fait, a brisé une lentille en plusieurs morceaux qu'il a ensuite remastiqués de manière que leurs surfaces fussent un peu dérangées de leur position normale, et il a observé que les images formées par une telle lentille sur un écran étaient tout à fait analogues à celles qu'il voyait dans son œil; au foyer de la lentille l'image était unique, un peu en avant ou un peu en arrière, elle était multiple.

Cette explication est très-satisfaisante, mais nous ne pensons pas qu'elle soit applicable à tous les cas.

b. *La polyopie constante et qu'une accommodation parfaite ne fait pas disparaître*, a pour cause un astigmatisme irrégulier. Dans ce cas, il est probable que les différents secteurs du cristallin n'ont pas le même pouvoir réfringent, ou des anomalies de courbure très-considérables.

V. — IRRADIATION.

Lorsque nous regardons au loin un point très-lumineux, nous ne le voyons jamais comme un point simple, quelque parfaite que soit l'accommodation de notre œil, mais comme un point entouré de rayons.

L'*irradiation d'un point lumineux* est un phénomène difficile à expliquer. — Pour Funke, il est produit par la couche de larmes qui recouvre la cornée. — Pour Helmholtz, c'est un phénomène de diffraction de la lumière

sur les bords irréguliers de la pupille. — D'autres ont pensé qu'il est dû à une diffraction à travers les fibres de la cornée et du cristallin, ou à la disposition rayonnée de la substance qui réunit les segments du cristallin.

A côté du phénomène de l'irradiation d'un point lumineux, se range le phénomène suivant :

Lorsqu'on regarde une lumière très-intense sur un fond noir, ce dernier paraît recouvert d'un reflet nuageux blanchâtre. — Helmholtz explique ce fait par une légère diffusion de la lumière sur les éléments figurés des milieux réfringents : ils deviennent lumineux eux-mêmes et donnent la sensation d'une légère clarté sur le fond noir. — Ce fait pourrait aussi s'expliquer par une réflexion partielle de la lumière à la surface de la rétine.

VI. — IMAGES ENDOSCOPIQUES.

Nous avons constaté que les humeurs de l'œil ne sont pas toujours d'une limpidité parfaite, mais que dans beaucoup de cas (sinon toujours) leur diaphanéité est altérée par des corpuscules de nature et d'origine variées, les uns immobiles, les autres flottant au sein de ces humeurs.

Dans les conditions habituelles de la vision, ces objets ne projettent pas d'ombre visible sur la rétine, parce que la lumière, provenant à peu près également de toute la surface relativement très-large de la pupille, éclaire le fond de l'œil de manière à ne laisser voir que les ombres d'objets très-grands ou très-rapprochés de la rétine.

La figure ci-contre (fig. 14) fait voir qu'un objet RR', situé en avant de la rétine, formera sur celle-ci une ombre d'autant plus grande que la source lumineuse sera plus rapprochée de l'œil. Lorsque la source de lumière sera

au foyer antérieur F , l'ombre rr' sera égale à l'objet ; — lorsqu'elle sera plus loin, en p , l'ombre tt' sera plus petite ; — lorsqu'elle sera plus près, en a , par exemple, l'ombre oo' sera plus grande que l'objet.

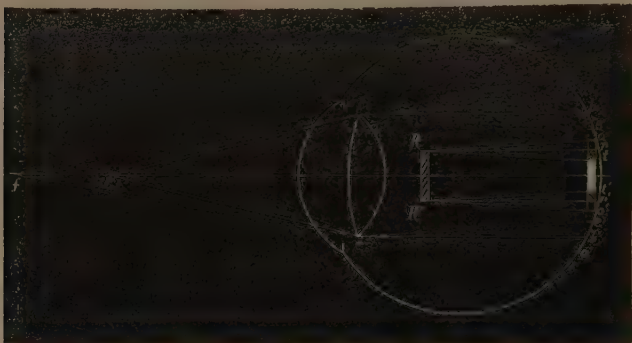


Fig. 14.

Il faudra donc pour voir les objets endoscopiques qui sont très-petits avoir une source de lumière aussi rapprochée de l'œil et aussi étroite que possible. On réalise ces conditions en plaçant très-près de l'œil un écran percé d'un petit trou, à travers lequel on fait passer un pinceau de lumière dont on rassemble les rayons au moyen d'une lentille convergente de court foyer. En plaçant l'écran au foyer même de cette lentille, on obtient un faisceau de rayons divergents aussi propre que possible à faire voir les objets endoscopiques. Ce faisceau en pénétrant par la pupille éclairera sur la rétine une large surface. C'est sur cette partie éclairée que se verront les ombres des objets situés dans l'œil. Les ombres auront sur la rétine la même position que les objets qui les produisent ; mais, comme nous voyons en haut dans le champ de la vision, ce qui est en bas sur la rétine, les objets endoscopiques nous paraîtront toujours dans une situation renversée.

Les sensations visuelles produites par les objets endo-

scopiques sont nombreuses et variables suivant chaque individu, cependant on peut les classer à peu près complètement sous six chefs principaux que nous allons énumérer, en essayant d'en donner l'explication la plus plausible :

1° De *petites taches* à centre lumineux entouré d'un cercle sombre, et des *stries transversales* qui se transforment ou disparaissent par le clignement. Ces images qui ont le plus souvent un mouvement lent de haut en bas, paraissent produites par les larmes, ou l'humeur de Meibomius.

Les taches sont probablement formées par des grains de poussière fixés par du mucus conjonctival.—Les stries se voient surtout le long du bord des paupières quand on les ferme un peu; elles sont dues sans doute à la réfraction de la lumière à travers les minces couches de larmes qui s'étendent par capillarité de la cornée aux bords palpébraux. Leur mouvement apparent de haut en bas qui correspond à un mouvement réel de bas en haut, serait dû à ce que la paupière supérieure, en se relevant, entraîne chaque fois ces petits objets.

2° Des *stries transversales* fines dont le champ visuel paraît comme tigré. Celles-ci apparaissent seulement après qu'on s'est frotté quelque temps les yeux, et proviennent de ce que la cornée s'est un peu plissée pendant le frottement (Helmholtz).

3° Des *perles*, de *petites taches très-claires avec un bord obscur bien délimité* et ne changeant pas de place par le clignement. Listing croit que ce sont de petites masses de mucosité dans l'humeur de Morgagni. — On voit quelquefois aussi des taches tout obscures qui paraissent provenir de points opaques dans le cristallin.

4° Des *raies brillantes*, rayonnant en étoile autour d'un
Polaillon.

point central. D'après Listing, ce seraient les traces des cicatrices formées lors de la séparation de la partie antérieure de la capsule d'avec la cornée, pendant le développement embryonnaire.

5° Des *lignes rayonnées* obscures et immobiles. Elles seraient, d'après quelques auteurs, les indices de la structure rayonnée du cristallin.

6° Enfin, ce qu'on a désigné plus particulièrement sous le nom de *mouches volantes*. Ces mouches n'ont pas toujours le même aspect ; tantôt ce sont des colliers de perles, tantôt comme des cercles avec un centre clair, soit isolés, soit en groupes, tantôt comme des masses irrégulières de petits grains très-fins ; d'autres fois, comme des stries pâles et ressemblant aux plis que ferait une membrane transparente. Ces diverses apparences sont produites par des corpuscules qui nagent dans l'humeur vitrée. Comme beaucoup de ces objets se trouvent très-près de la rétine, on peut souvent les voir sans l'aide d'aucun instrument, en dirigeant le regard vers une large surface éclairée, vers le ciel, par exemple. Ils ont non-seulement un mouvement apparent, mais encore un mouvement réel, et on peut le constater facilement en tenant la tête immobile pendant qu'on fixe son regard sur le ciel. On voit alors le plus souvent les images entoptiques descendre lentement dans le champ de la vision. En abaissant le regard pour l'élever de nouveau, on voit les mouches suivre ce mouvement, et s'élever un peu au delà du but pour retomber ensuite. Au contraire, après un mouvement de l'œil de haut en bas, cette oscillation au delà du but n'a pas lieu, pas plus que dans les mouvements de latéralité. Lorsqu'on regarde verticalement en bas ou en haut, les mouches restent à peu près immobiles. Mais lorsque l'on fait ces observations, on se laisse très-

facilement aller à diriger le regard vers une de ces mouches, située non loin de l'axe visuel, pour la voir plus distinctement; la mouche fuit alors devant le regard, sans que celui-ci puisse l'atteindre, et c'est probablement à cause de ce dernier mouvement (qu'il ne faut pas confondre avec le mouvement réel), qu'on les a appelées mouches volantes.

Le genre de mouvement de ces objets dans le corps vitré ne permet guère de douter que ce ne soient de petits corps qui nagent dans un milieu complètement liquide et un peu plus dense qu'eux-mêmes. — Comme on les voit nager dans tous les sens et dans toute l'étendue du champ de la vision, ils doivent se mouvoir dans un assez grand espace. Cependant ils ne paraissent pas pouvoir s'éloigner beaucoup du voisinage de la rétine, car lorsqu'on regarde verticalement en haut, ils devraient, s'ils étaient libres, monter vers le cristallin grâce à leur légèreté spécifique, et leur ombre disparaîtrait de la rétine; or, elle ne disparaît pas, et ne fait que se déplacer un peu latéralement. — Le mouvement vers le cristallin serait empêché, d'après Helmholtz, par la présence du prétendu réseau muqueux du corps vitré.

Ces corpuscules sont le plus souvent des leucocytes, quelquefois des cristaux, des flocons albumineux, peut-être des corpuscules fibro-plastiques, débris de ceux qui accompagnaient les rameaux de l'artère hyaloïdienne.

Telles sont les principales sortes d'images endoscopiques qui se rencontrent le plus habituellement. Nous n'entendons pas dire par là que les yeux de tous les hommes les perçoivent toutes, mais il est fort rare de rencontrer des yeux qui n'en voient pas au moins quelques-unes.

A côté de ces images d'une observation pour ainsi

dire générale, il en existe d'autres qui sont spéciales à certains yeux, et dont quelques-unes, d'après Donders, restent des années entières sans présenter de modifications.

M. Trouessart s'est beaucoup occupé des images endoscopiques, et il a donné une relation assez détaillée des expériences nombreuses et variées auxquelles il s'est livré à ce sujet. Il a vu qu'on pouvait donner aux images endoscopiques un aspect particulier, en faisant arriver dans l'œil une vive lumière; dans ce cas, les images endoscopiques s'entourent de cercles ou de franges colorées d'un éclat souvent très-vif; c'est ce qu'on peut obtenir selon lui, en examinant de très-près la flamme d'une bougie réfléchie sur la surface d'une petite sphère métallique polie; ou mieux encore en regardant les images du soleil réfléchies par les ménisques concaves que forme l'eau contre les parois des vases. En jetant les yeux sur ces surfaces ainsi éclairées, d'une distance beaucoup plus grande que la vision distincte, on voit les images endoscopiques qui traversent le champ visuel entourées d'anneaux colorés. L'œil de cet observateur lui ayant présenté à un haut degré le phénomène dit *réseau oculaire*, il l'a étudié très-attentivement et en a donné la description suivante : « Que l'on se figure une vingtaine de *vaisseaux* (?) de direction sensiblement parallèles, quoiqu'un peu sinueux, entre-croisés par de nombreuses anastomoses, de manière à former un réseau d'une ou deux centaines de mailles : voilà ce que j'aperçois alors dans le champ de la vision. »

Il y a encore un très-grand nombre d'auteurs qui ont publié des observations plus ou moins curieuses d'images endoscopiques; mais nous nous sommes déjà étendus peut-être trop longuement sur cette partie de notre sujet.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
Exposition du sujet et division.....	5
 PREMIÈRE PARTIE. — ANATOMIE. 	
CHAPITRE I. — <i>De la cornée</i>	7
Caractères physiques.....	7
Caractères chimiques.....	9
Caractères organiques (texture).....	11
A. Couche moyenne.....	11
1 ^o Fibres.....	13
2 ^o Corps fibro-plastiques.....	14
3 ^o Matière amorphe.....	16
4 ^o Noyaux embryoplastiques.....	18
5 ^o Cytoblastions.....	18
6 ^o Nerfs.....	19
Vaisseaux lymphatiques (?).....	20
B. Couche superficielle ou conjonctivale.....	23
Ses nerfs.....	25
C. Couche profonde ou membrane de Descemet..	26
Développement de la cornée.....	27
Moyens d'étude.....	32
CHAPITRE II. — <i>Humeurs de l'œil</i>	35
I. <i>Humeur aqueuse</i>	35
II. <i>Corps vitré</i>	37
A. Membrane hyaloïde.....	38
Zone de Zinn.....	43
Opinions diverses sur la constitution de la zone de Zinn. — Ligament suspenseur du cristallin.	45
B. Humeur vitrée.....	49
Le corps vitré a-t-il une texture.....	50

	Pages
CHAPITRE III. — <i>Du cristallin</i>	54
Caractères physiques.....	54
Caractères chimiques.....	58
Caractères organiques (texture)	58
A. Capsule du cristallin.....	58
B. Tissu cristallinien.....	62
Cellules cristalliniennes.....	63
Fibres du cristallin.....	65
<i>a.</i> Fibres nucléées.....	65
<i>b.</i> Fibres dentelées.....	66
Arrangement des fibres dans les segments du noyau cristallinien.....	67
Moyens d'étude.....	68
Aperçu sur le développement des milieux réfringents en général et du cristallin en particulier.....	69

DEUXIÈME PARTIE. — PHYSIOLOGIE

CHAPITRE I. — <i>Optique physiologique</i>	77
I. <i>Propriétés optiques des milieux réfringents</i>	77
Leurs dimensions.....	78
Leurs courbures.....	78
Leurs indices de réfraction.....	80
Définition des propriétés optiques des lentilles.....	82
OEil schématique de Listing.....	83
OEil schématique réduit.....	85
Centre optique.....	87
Différence entre l'axe des milieux réfringents de l'œil et l'axe visuel.....	87
II. <i>Réfraction de la lumière dans l'œil</i>	88
Historique. — Expérience dite de Kepler.....	89
Marche des rayons lumineux dans l'œil.....	91
III. <i>Formation des images</i>	91
Angle visuel.....	93
Définition de l'œil amétrope et de l'amétropie.....	93

	Pages
IV. <i>Réflexion de la lumière dans l'œil</i>	95
CHAPITRE II. — <i>De l'accommodation</i>	96
Nécessité d'une accommodation pour la vision distincte à différentes distances.....	96
A. Changements de l'œil nécessaires pour l'accommodation.....	97
Hypothèse d'un allongement de l'œil.....	98
Hypothèse d'un changement de courbure de la cornée.....	99
Hypothèse d'un resserrement de la pupille....	100
Hypothèse qui fait dépendre l'accommodation du corps vitré.....	103
Hypothèse d'un déplacement anéro-postérieur du cristallin.....	103
Hypothèse d'un changement de forme du cristallin.....	105
B. Agents de l'accommodation.....	109
Rôle de l'iris.....	111
Rôle du muscle ciliaire.....	114
Rôle de l'appareil vasculaire.....	115
Définition de la vision distincte.....	118
Distance moyenne de la vision distincte.—Optomètre.	118
Étendue de l'accommodation.....	119
Puissance de l'accommodation.....	120
État de la puissance d'accommodation selon les âges (presbytie).....	121
Étendue de l'accommodation dans la vision binoculaire.....	122
Sur la rapidité avec laquelle on peut changer son accommodation.....	124
Inégalité de réfraction des deux yeux (cause de strabisme).....	125
Anomalies de l'accommodation.....	125
Influence des petites ouvertures sur l'accommodation.	125
Théorie de l'ophthalmoscope.....	126

	Pages
CHAPITRE III. — <i>Des troubles causés par les imperfections des milieux réfringents</i>	127
I. <i>Les milieux réfringents ne sont pas achromatiques</i>	127
II. <i>Aberration de sphéricité de l'œil</i>	130
III. <i>Astigmatisme</i>	132
Historique.....	135
A. <i>Astigmatisme régulier</i>	137
<i>Ses espèces diverses</i>	137
<i>Signes de l'astigmatisme</i>	138
<i>Diagnostic et mesure de l'astigmatisme</i>	140
<i>Siège de l'astigmatisme</i>	142
<i>Fréquence de l'astigmatisme</i>	143
B. <i>Astigmatisme irrégulier</i>	143
IV. <i>Polyopie monoculaire</i>	144
<i>Polyopie passagère</i>	144
<i>Polyopie constante</i>	145
a. <i>Polyopie qui disparaît par l'accommodation</i>	145
b. <i>Polyopie que l'accommodation ne fait pas disparaître</i>	146
V. <i>Irradiation</i>	146
VI. <i>Images endoscopiques</i>	147
<i>Moyen de les voir</i>	147
<i>Des diverses espèces d'images endoscopiques</i>	148
<i>Mouches volantes</i>	149

26.F.5.

Des milieux réfringents de l'oe1866

Countway Library

BEY1505



3 2044 046 125 365

28.F.5.

Des milieux réfringents de l'oe1866

Countway Library

BEY1505



3 2044 046 125 365